



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**VYLEPŠENÍ TECHNOLOGIE VRTÁNÍ PŘÍRUBY PRO
PONORNÝ ELEKTROMOTOR**

IMPROVEMENT OF DRILLING TECHNOLOGY OF FLANGE FOR A SUBMERSIBLE ELECTRIC MOTOR

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Radim Veselský

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Jaroš, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Radim Veselský
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Aleš Jaroš, Ph.D.
Akademický rok:	2019/20

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:

Vylepšení technologie vrtání příruby pro ponorný elektromotor

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Bakalářská práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je zaměřena na technologii vrtání. Nosnou částí práce je zlepšení technologie vrtání příruby ponorného elektromotoru, se kterou souvisí návrh sdruženého vrtacího nástroje.

Cíle bakalářské práce:

1. Charakteristika technologie vrtání.
2. Popis řešené součásti.
3. Popis stávajícího technologického postupu.
4. Návrh sdruženého vrtacího nástroje.
5. Návrh nového technologického postupu.

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 255 s. ISBN 80-214-2374-9.

PTÁČEK, L. Nauka o materiálu I. 2., opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, c2003. ISBN 80-7204-283-1.

PÍŠKA, M. Speciální technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. 247 s. ISBN 978-80-214-4025-8.

HUMÁR, A. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing, s.r.o., 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářské práce má za cíl seznámení s technologií vrtání, posouzení stávajícího technologického postupu a návrh sdruženého vrtacího nástroje. V první části se bakalářská práce věnuje technologii vrtání, popisu používaných nástrojů a vrtacích strojů. Druhá část popisuje obrobek a stávající postup výroby. Poslední část bakalářské práce se věnuje návrhu nového sdruženého nástroje a jeho implementace do nového technologického postupu.

Klíčová slova

Vrtání, vrták, sdružený nástroj, technologický postup.

ABSTRACT

The goal of this bachelor's thesis is introduction of existing drilling technology, assessment of existing technologies and design combined step–drilling tool. The first part of the bachelor's thesis describes existing drilling technology, drilling tools and drilling machines. The second part of the bachelor's thesis describes workpiece and existing technological process of its production. The last part of bachelor's thesis consists of design of new step–drilling combined tool and its implementation to new technological process.

Key words

Drilling, drill, combined tool, technological process.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VESELSKÝ, Radim. *Vylepšení technologie vrtání příruby pro ponorný elektromotor* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/121758>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Aleš Jaroš.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Vylepšení technologie vrtání příruby pro ponorný elektromotor** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
24.6.2020

Datum

.....
Radim Veselský

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Jarošovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce.

Dále děkuji panu Ing. Pavlu Konečnému vedoucímu technologického pracoviště a panu Tomáši Životskému technologovi ve firmě Franklin Electric za možnost vypracování této bakalářské práce a za poskytnuté rady.

OBSAH

Abstrakt	3
Bibliografická citace	3
Prohlášení	4
Poděkování	5
Obsah.....	6
Úvod.....	7
1 Charakteristika technologie vrtání	8
1.1 Nástroj.....	8
1.2 Vrtací stroje	13
1.3 Řezné podmínky	15
2 Popis řešené součásti	17
2.1 Představení firmy Franklin Electric.....	17
2.2 Představení obrobku	17
3 Popis stávajícího technologického postupu.....	19
3.1 Obráběcí stroj.....	19
3.2 Upínání obrobku.....	19
3.3 Obráběcí operace.....	21
4 Návrh sdruženého vrtacího nástroje.....	22
4.1 Vylepšení stávajícího postupu.....	22
4.2 Návrh sdruženého nástroje	22
4.3 Výroba sdruženého nástroje.....	23
4.4 Návrh řezných podmínek sdruženého nástroje	24
5 Návrh nového technologického postupu.....	25
5.1 Nový technologický postup.....	25
Závěr	18
Seznam použitých zdrojů	27
Seznam použitých symbolů a zkratk	29
Seznam příloh	30

ÚVOD

Vrtání je jednou ze základních technologií používaných ve strojírenství. Slouží k zhotovení válcovitých otvorů do všech druhů materiálů. K tomuto účelu se používají speciální nástroje zvané vrtáky, které pomocí rotačního pohybu zhotovují díry o požadované hloubce a průměru. Vrtání se provádí na vrtačkách, soustruzích a v CNC centrech, které jsou k tomuto účelu uzpůsobeny. Vrtání je technologie, která se i přes svůj velmi starý původ stále vyvíjí a inovuje. Díky tomu existuje velké množství typů vrtacích nástrojů a strojů, které mohou být velmi úzce specializované.

Tato bakalářská práce pojednává o vylepšení technologie výroby litinového dílu pro čerpadlo poháněné elektromotorem. Řeší problém redukce počtu používaných nástrojů a možnosti zefektivnění, a tím i snížení potřebného času této výroby.

V první části bakalářské práce se věnuje samotné technologii vrtání. Jsou zde popsány druhy nástrojů a strojů používaných při této technologii a základní vztahy pro výpočet řezných podmínek.

V druhé části bakalářské práce popisují výše popsany problém a jeho možné řešení pomocí návrhu sdruženého vrtacího nástroje.



Obr. 0.1 Příruba elektromotoru.

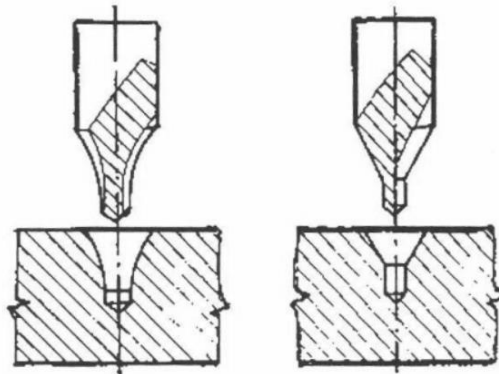
1 CHARAKTERISTIKA TECHNOLOGIE VRTÁNÍ

Vrtání je výrobní metoda, kterou se zhotovují díry zplna, nebo se zvětšují již předvrtané díry. Hlavní pohyb je pohyb rotační, vedlejším pohybem je pohyb přímočarý, neboli posuv. Oba pohyby vykonává obvykle nástroj. Jsou však možné i jiné varianty. [1]

1.1 Nástroj

Nástroj se nazývá vrták. Existují různé druhy vrtáků, které se různí tvarem, konstrukcí a jejich použitím.

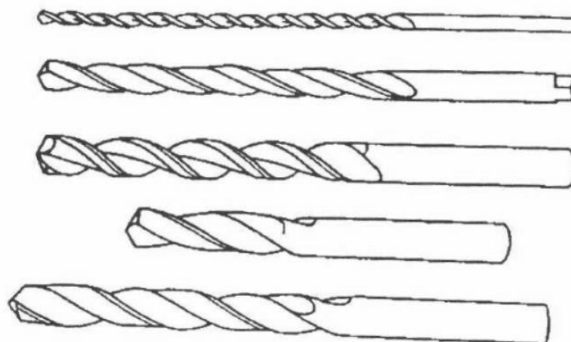
Při navrtávání středící díry se používají takzvané středící vrtáky (Obr. 1.1). Středící díry se vytváří proto, aby se předešlo možnému uhnutí vrtáku z jeho původní počáteční dráhy při vrtání do plného materiálu, nebo vytvoření středícího otvoru pro uchycení materiálu na soustruhu (mezi hroty). [2]



Obr. 1.1 Středící vrtáky a díry [3].

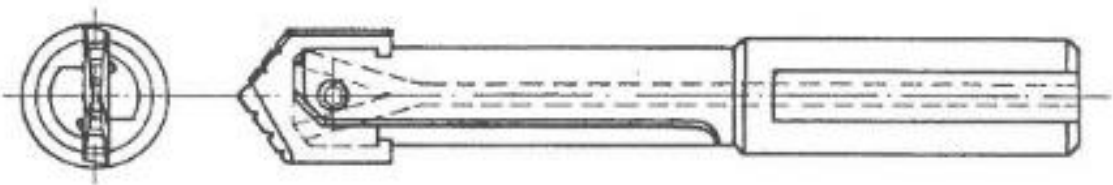
Na zhotovení krátkých děr do plného materiálu, kdy je poměr průměru díry, označovaný D , ku délce díry, označované L , roven v rozmezí $1/5 \div 1/10$, se používají vrtáky šroubovitě, kopinaté, s vyměnitelnými špičkami a s vyměnitelnými břitovými destičkami. [1]

Vrtáky šroubovitě (Obr. 1.2) jsou nejčastější volbou pro vrtání krátkých děr. Na válcovém těle mají dvě protilehlé šroubovitě drážky, sloužící k odvodu třísky a přívodu procesní kapaliny do a z místa řezu. Hlavní ostří jsou spojena příčným ostřím, které zvětšuje krouticí moment a posuvovou sílu, a proto je příhodné toto ostří potlačit, nebo odstranit. [2]



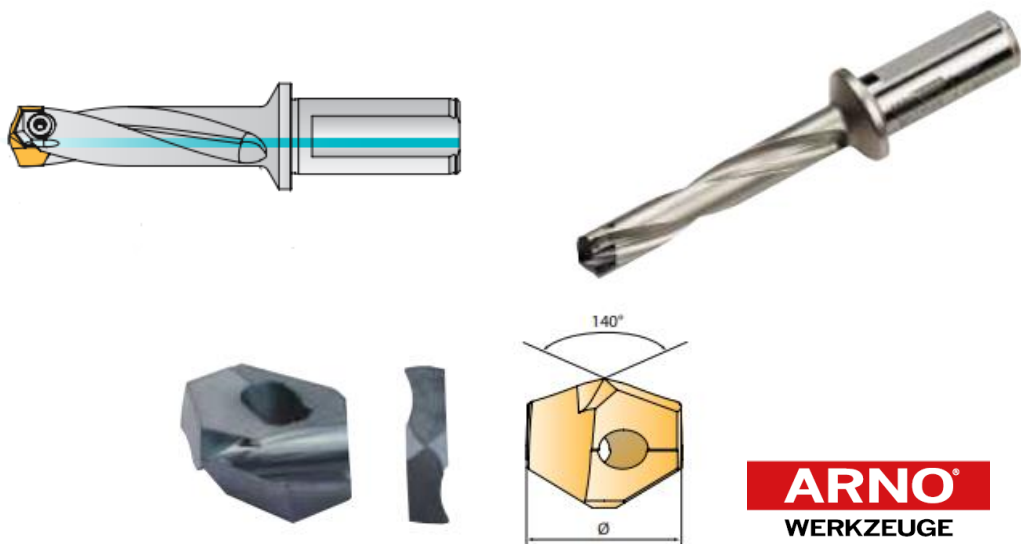
Obr. 1.2 Šroubovitě vrtáky [3].

Kopinaté vrtáky (Obr. 1.3) jsou dvoubřité nástroje s příčným ostrím a s vnějším odvodem třísky. Většina těchto vrtáků se vyrábí s vnitřním přívodem procesní kapaliny. Vrták je tvořen tělesem, do něhož se upínají vyměnitelné břitové destičky speciálních tvarů. Oddělení třísky je zajištěno vybroušením dělicích drážek na obou hlavních hřbetech. Pro snížení tření slouží fazetky na hlavních hřbetech destiček. Jsou vhodnější na vrtání větších průměrů z plna než vrtáky šroubovitě, a to díky jejich tuhosti, což jim dovoluje u kratších vrtáků samostatné navrtávání. Drsnost obrobene plochy je však horší. [2,4]



Obr. 1.3 Kopinatý vrták [4].

Vrtáky s vyměnitelnou špičkou rozdělujeme na dva typy dle provedení špičky. Špička může být ve formě břitové destičky (Obr. 1.4), nebo ve formě celé břitové hlavice (korunky) (Obr. 1.5). Procesní kapalina bývá přiváděna středem držáku k vyměnitelné části. Obě výměnné varianty jsou převážně vyráběny ze slinutých karbidů, které bývají většinou povlakovány. Aby byla zajištěna jejich vyměnitelnost, bývají nejčastěji přichyceny šrouby k držáku. Držák bývá opatřen drážkami k odvodu třísky. [1,2]



Obr. 1.4 Vrták s vyměnitelnou břitovou destičkou od německé firmy Arno [5].



Obr. 1.5 Vrták s vyměnitelnou hlavicí od firmy Seco Tools [6].

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami (Obr. 1.6) jsou osazeny na povrchu břitovými destičkami s pozitivní geometrií čela, které bývají upnuty v těle držáku pomocí zapuštěných šroubů. U větších vrtáků se používá upnutí pomocí kazet. Upnutí do kazet usnadňuje výměnu, umožňuje určitou změnu jmenovitého průměru a chrání lůžko před opotřebením. V důsledku nekonstantní řezné rychlosti podél hlavního ostří a ve snaze o stejnou životnost středových a obvodových destiček je potřeba osazovat obvodové destičky více odolné proti opotřebení než středové destičky. Použitím tohoto postupu bude trvanlivost všech destiček stejná a mohou být vyměněny ve stejném intervalu. Procesní kapalina bývá přiváděna k destičkám středem těla vrtáku. Díky možnosti velké variace tvarů destiček a přítomnosti utvařečů třísky na destičkách se zlepšují nepříznivé pracovní podmínky při vrtání. Vrtáky mohou být použity i pro soustružení vnitřních nebo vnějších válcových ploch a soustružení čelních rovinných ploch. [1,2]

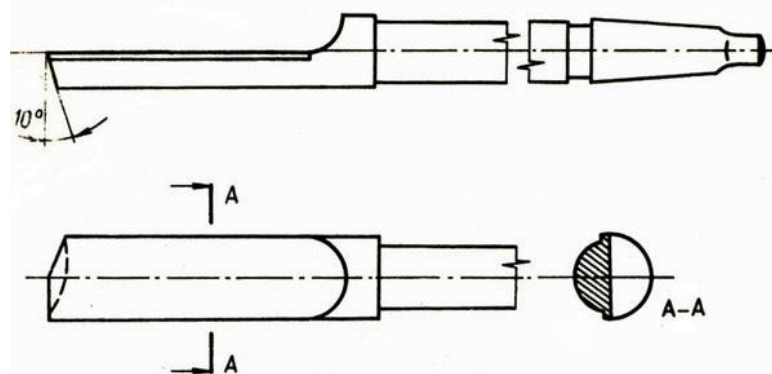


Obr. 1.6 Vrtáky s vyměnitelnými a) břitovými destičkami b) kazetami s výměnnými břitovými destičkami od firmy Sandvik Coromat [7].

Předešlé typy se používají i při vrtání krátkých děr z již předpracovaných děr, ale mohou se výjimečně používat i vrtáky dělové a hlavňové. Ty se používají s vrtáky ejektorovými, BTA (Boring and Trepanning Association) a STS (Single Tube System) na vrtání hlubokých děr do plného materiálu. U hlubokých děr je poměr D ku L větší než $1/10$. [1]

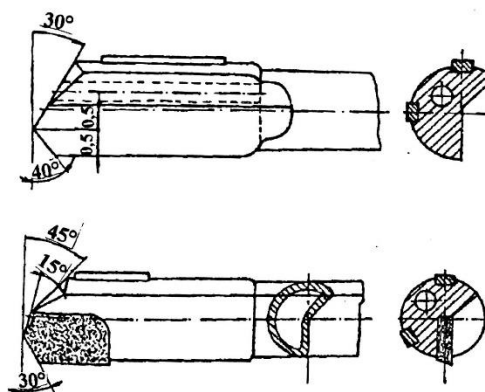
Dělové a hlavňové vrtáky jsou jednobřité nástroje skládající se ze dvou částí – řezné části nástroje a nosné části, které jsou dohromady spojeny pájením. Nosnou

částí bývá trubka či tyč o potřebné délce. Řezná část bývá vyrobena z rychlořezné oceli nebo slinutého karbidu, ale může být tvořena i připájenými břitovými destičkami. Geometrie těchto vrtáků nezajišťuje odvod třísek. Dělové vrtáky (Obr. 1.7) nedisponují přívodem řezné kapaliny, čímž nedochází ani k výplachu, a vrták se musí vždy po vyvrtání určité hloubky vytáhnout k odstranění třísek z díry. Proto se dělové vrtáky používají k vrtání kratších děr než vrtáky hlavňové. [1,8]

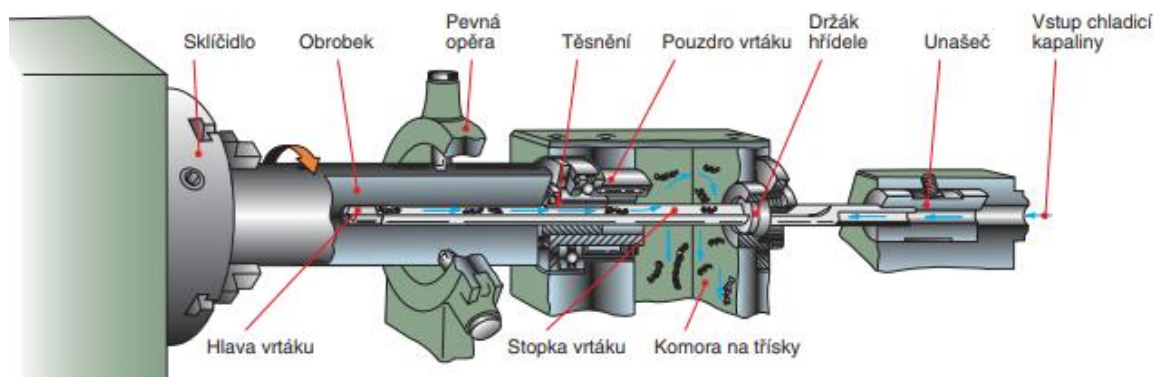


Obr. 1.7 Dělový vrták [9].

U hlavňových vrtáků (Obr. 1.8) je řezná kapalina přiváděna dírami v tělese vrtáku, která zajišťuje vyplachování vznikajících třísek. Spolehlivé středění, a tím i přesnější vrtání děr, zajišťují vodítka, která bývají na těleso vrtáku připájena. Dělové a hlavňové vrtáky bývají používány na speciálně upravených soustruzích (Obr. 1.9). [1,8]



Obr. 1.8 Hlavňový vrták [8].

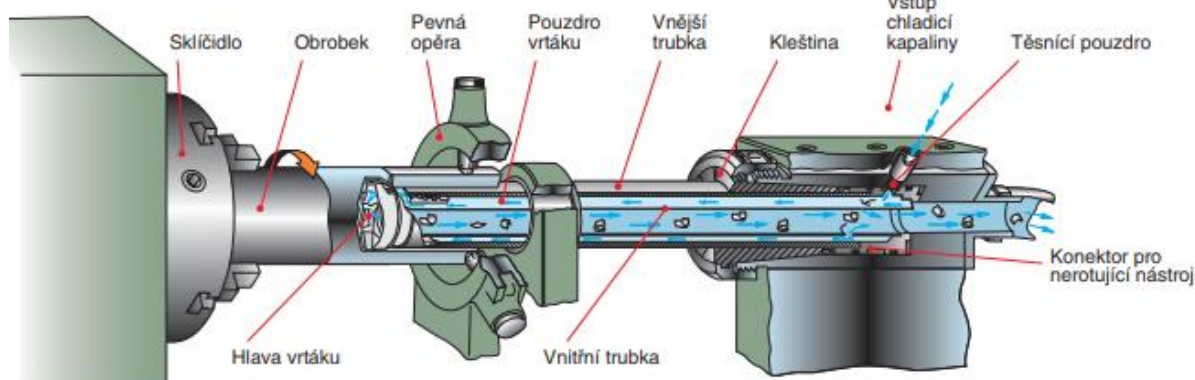


Obr. 1.9 Sestava pro vrtání hlavňovým vrtákem [10].

Ejektorové vrtáky neboli systém DTS (Double Tube System) se skládají z vrtací hlavice (Obr. 1.10), která je našroubována do vnější vrtací trubky. Tento systém využívá tzv. Venturiho ejektorový efekt, kdy je kapalina nasávána od břitů vrtáku a strhává vznikající třísky. U tohoto systému (Obr. 1.11) je přiváděna řezná kapalina k břitům nástroje mezikružím mezi vnější a vnitřní trubkou a malé množství kapaliny, odcházející štěrbinami v zadní části vnitřní trubky strhává vznikající třísky. Vrtací hlavice jsou osazeny jednou, nebo více břitovými destičkami. Pro přesnější vedení jsou vrtací hlavice osazeny vodičky. [1,11]

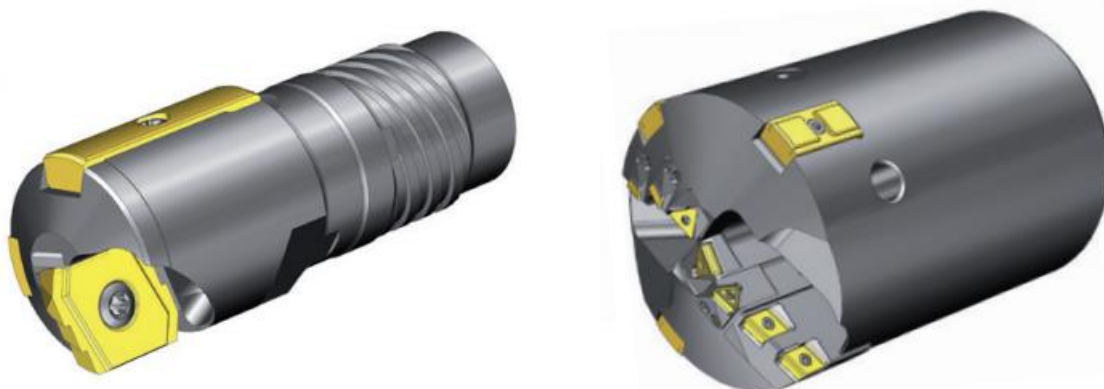


Obr. 1.10 Ejektorové vrtací hlavice od firmy Botek [12].

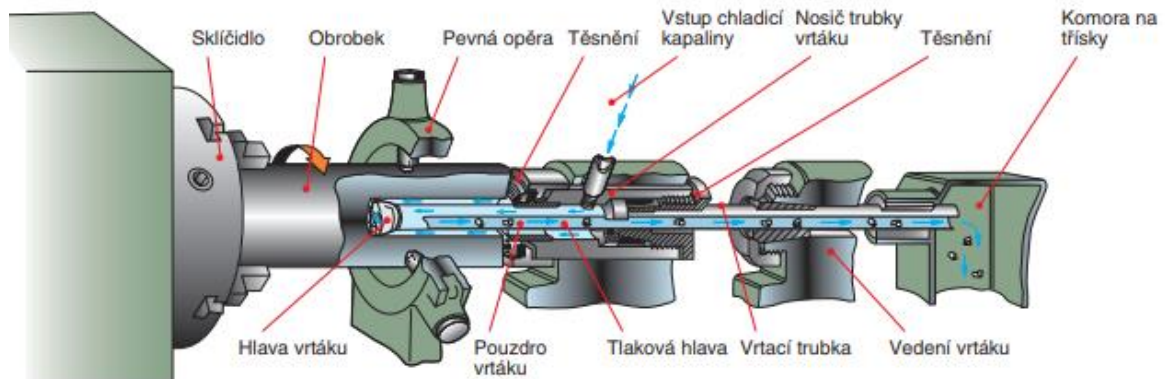


Obr. 1.11 Sestava pro vrtání ejektorovým vrtákem [10].

Vrtáky BTA/STS jsou velmi podobné systémy jako systém DTS. Na rozdíl od DTS je řezná kapalina přiváděna do místa řezu mezerou mezi stěnou vrtané díry a trubkou vrtáku. Řezná kapalina i s třískami je odváděna středem trubky. Tlaková hlava je utěsněna z obou stran. Těsnění se nachází i na čelní ploše obrobku, u vstupu vrtáku do obrobku (Obr. 1.13). Vrtací hlavice (Obr. 1.12) jsou také osazeny vodičky pro přesnější vedení vrtáku. [11]

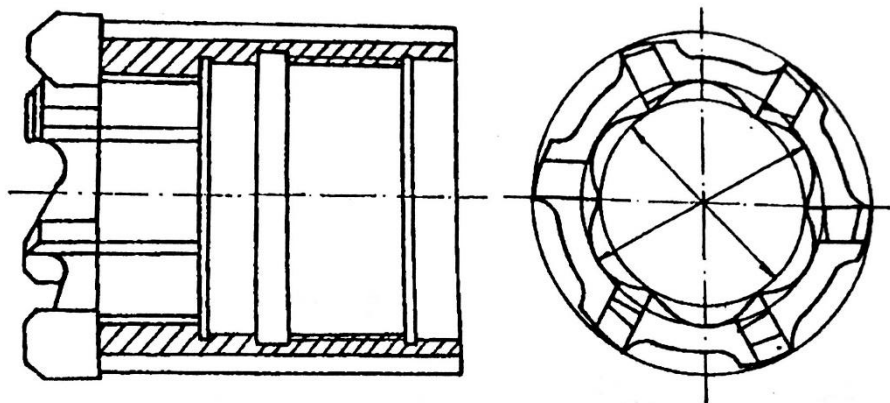


Obr. 1.12 BTA/STS vrtací hlavice firmy Botek [13].



Obr. 1.13 Sestava pro vrtání vrtákem BTA/STS [10].

Průchozí díry, zejména větších průměrů, se zhotovují několikabřítými korunkovými treparačními hlavami (Obr. 1.14). Tato operace se nazývá vrtání „na jádro“, neboli odřezávání obráběného materiálu ve tvaru mezikruží, takže uprostřed zůstává „jádro“. Řezná kapalina je přiváděna středem nástroje a odchází spolu s třískami po obvodu nástroje mezi jednotlivými břity ven z otvoru. [1,8]



Obr. 1.14 Několikabřítá korunková (treparační) hlava [8].

Mezi speciální případy vrtání můžeme zařadit:

- vrtání v plechu, které se provádí termálním tvářecím vrtákem,
- vrtání vrtákem do plechu pro široký rozsah průměrů,
- vrtání odstupňovaným vrtákem do plechu,
- vrtání odstupňovaných děr, které se provádí odstupňovaným vrtákem,
- vrtání se současným vystružováním, závitováním, zahlubováním, nebo hlazením, na které se používají sdružené nástroje.

Pro vrtání do těžkoobrobitelných, kompozitních či nekovových materiálů, jako například plasty, pryže, beton, kámen a cihly, se používají vrtáky se speciální konstrukcí či geometrií. [1]

1.2 Vrtací stroje

Operace vrtání se provádí na vrtačkách, soustruzích, vodorovných vyvrtávačkách a obráběcích centrech. Vrtačky můžeme dělit dle pohonu, konstrukce a jejich použití.

Pohon vrtaček může být elektrický, pneumatický nebo hydraulický. Pohon pneumatický a hydraulický je však podmíněn existencí kompresoru či hydromotoru, a proto je jejich použití omezeno na provozy, které těmito zdroji disponují. [9]

Dle konstrukčního provedení je můžeme rozčlenit na ruční, stolní, sloupové, stojanové, radiální, vodorovné na hluboké díry, souřadnicové, přenosné montážní, vícevřetenové a speciální vrtačky. [1,9,14]

Vrtačky většinou vykonávají i další operace jako vyhrubování, vystružování, zahlubování a řezání závitů. [1,9]

Vrtačky stolní a sloupové (Obr. 1.15) mají vřeteník, který obsahuje motor, převody a vřeteno. Tento vřeteník je umístěn na sloupu, po kterém se může pohybovat vertikálně. Sloup je u vrtaček stolních přichycen nepohyblivě s podstavcem, který bývá zároveň i pracovním stolem nástroje. Vrtačky sloupové mají sloup prodloužený a připevněný k podlaze pracoviště. Vřeteno se pohybuje pouze vertikálně. Jeho posuv je ovládán manuálně pákou posuvu. U některých typů je však i možnost strojního posuvu vřetena. U těchto vrtaček se dá nastavit přesná hloubka díry. Obrobek bývá umístěn na pracovním stole, který se dá u sloupových vrtaček nastavit manuálně vertikálně, nebo do stran. U sloupových vrtaček se mohou rozměrnější obrobky připevnit i přímo k podstavci vrtačky. [9,14]



Obr. 1.15 Stolní a sloupová vrtačka značky Heltos [15].

Stojanové vrtačky (Obr.1.16) jsou stavbou velmi podobné sloupovým vrtačkám, ale sloup je vyměněn za tužší litinový stojan, který je upevněn nepohyblivě na betonovém základu. Vřeteník s nástrojem se s pracovním stolem svisle posouvá po vedení ve stojanu. Díky tuhosti stojanu mohou být vybaveny velmi výkonnými pohony, které umožňují těžké obrábění. [14]



Obr. 1.16 Stojanová vrtačka německé firmy Bernardo [16].

Pokud není vrtání jedinou operací, kterou je potřeba provést na obrobku, používají se v dnešní době obráběcí CNC centra. Díky poháněným nástrojům se mohou vrtáky založit do zásobníku nástrojů a vrtání děr probíhá jako jedna z více operací. Obrobek se nemusí upínat na více strojů. Tím je eliminována možná lidská chyba.

1.3 Řezné podmínky

U technologie vrtání se řezná rychlost podél hlavního ostří nástroje zmenšuje ve směru od obvodu ke středu nástroje až do nulové hodnoty v ose nástroje. Proto se za řeznou rychlost považuje rychlost na vnějším (jmenovitém) průměru nástroje. Je označovaná v_{ci} , je závislá na průměru vrtáku, označovaném D_i a na otáčkách vrtáku n dle vztahu (1.1). [1,17]

$$v_{ci} = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n}{1000} \quad [\text{m min}^{-1}] \quad (1.1)$$

Posuvová rychlost, označovaná v_f , je závislá na posuvu na otáčkách, označovaném f , a otáčkách vrtáku n dle vztahu (1.2). [17]

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \quad [\text{m min}^{-1}] \quad (1.2)$$

Průřez třísky A_D při vrtání do plného materiálu odebíraný jedním břitem nástroje se počítá jako součin tloušťky třísky h_D a šířky třísky b_D , kdy po úpravě vznikne vztah (1.3), ve kterém je průřez třísky závislý na průměru obráběné díry D a posuvu na otáčkách f . [17]

$$A_D = h_D \cdot b_D = \frac{D \cdot f}{4} \quad [\text{mm}^2] \quad (1.3)$$

Tloušťka třísky h_D je závislá na posuvu na otáčkách f a úhlu nastavení hlavního ostří K_r dle vztahu (1.4). [17]

$$h_D = \frac{f}{2} \sin K_r \quad [\text{mm}] \quad (1.4)$$

Šířka třísky b_D je závislá na průměru obráběné díry D a úhlu nastavení hlavního ostří K_r dle vztahu (1.5.). [17]

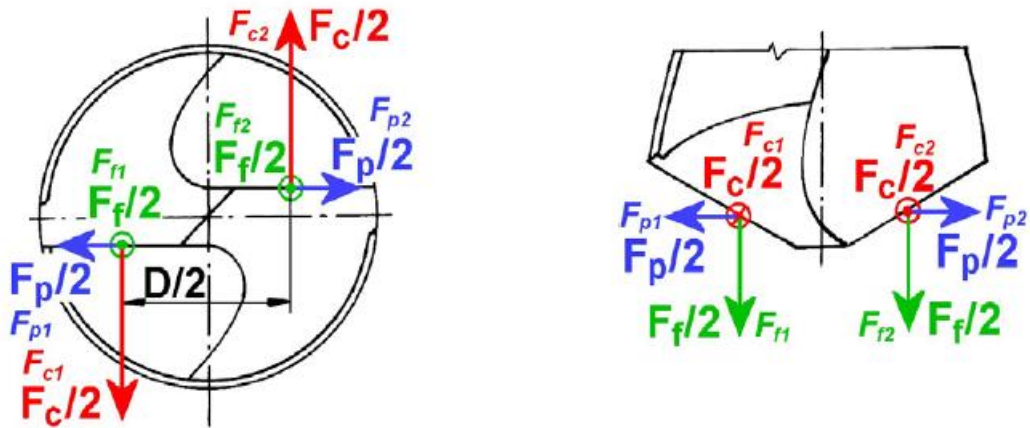
$$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin K_r} \quad [\text{mm}] \quad (1.5)$$

Při vrtání standardním nástrojem se dvěma břity, které jsou postaveny symetricky vůči jeho ose, jsou výsledné síly tvořeny součtem, nebo rozdílem hodnot na obou břitech tohoto nástroje. Rozeznáváme tři síly působící na vrták. Sílu posuvovou F_f , sílu pasivní F_p a sílu řeznou F_c . Tyto síly jsou znázorněny na obrázku 1.17. Velikost sil se vypočítá, dle následujících vztahů. [1,17]

$$F_f = F_{f1} + F_{f2} \quad [\text{N}] \quad (1.6)$$

$$F_p = F_{p1} - F_{p2} \quad [\text{N}] \quad (1.7)$$

$$F_c = F_{c1} + F_{c2} \quad [\text{N}] \quad (1.8)$$



Obr. 1.17 Síly působící na vrták při vrtání [1].

Při správném naostření nástroje jsou síly na obou břitech shodné, čímž se vyruší síly F_{p1} a F_{p2} a pasivní síla je tudíž nulová. Pak platí: [1,17]

$$F_{f1} = F_{f2} = \frac{F_f}{2} \quad [\text{N}] \quad (1.9)$$

$$F_{p1} = F_{p2} = \frac{F_p}{2} = 0 \quad [\text{N}] \quad (1.10)$$

$$F_{c1} = F_{c2} = \frac{F_c}{2} \quad [\text{N}] \quad (1.11)$$

Řezný výkon P_c je závislý na řezné síle F_c a řezné rychlosti v_{ci} . Přibližně se určí dle vztahu (1.12). [17]

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_{ci}}{2 \cdot 60 \cdot 10^3} = \frac{F_c \cdot v_{ci}}{1,2 \cdot 10^5} \quad [\text{kW}] \quad (1.12)$$

Posuvový výkon P_f je závislý na posuvové síle F_f a posuvové rychlosti v_f . Přibližně se určí dle vztahu (1.13). [17]

$$P_f = \frac{F_f \cdot v_f}{6 \cdot 10^4} \quad [\text{kW}] \quad (1.13)$$

2 POPIS ŘEŠENÉ SOUČÁSTI

2.1 Představení firmy Franklin Electric

Firma Franklin Electric, spol. s r. o. je americká firma založená v roce 1944 A. J. Schaeferem a T.W. Kehom v Blufftonu v Indianě. Firma byla pojmenována po Benjaminu Franklinovi, který byl průkopníkem v elektroinženýrství. [18]

Jelikož tato firma vznikla v době 2. světové války, první roky své existence vyráběla lehké generátory elektrického proudu na pohánění radiosetů pro americkou armádu. Po konci války začala firma vyrábět čerpadla na pumpování pitné vody, užitkové vody a vody ze sklepů. V roce 1950 sestrojila dvojice zakládajících členů první plně ponorný elektrický motor. Jeho výhodami byla malá velikost, nízká hlučnost, lepší teplotní odolnost, jednoduchost instalace a vysoký průtok dopravované kapaliny, který v té době nebyl běžný. Pumpy vybavené tímto motorem byly schopny operovat až v hloubce 100 stop. Jejich použití se rozšířilo na pumpování pohonných hmot, kyselin a dalších kapalin se speciálními nároky na odolnost pumpovací soustavy. Užitek našly i v aplikacích v hloubkách moře. [18]

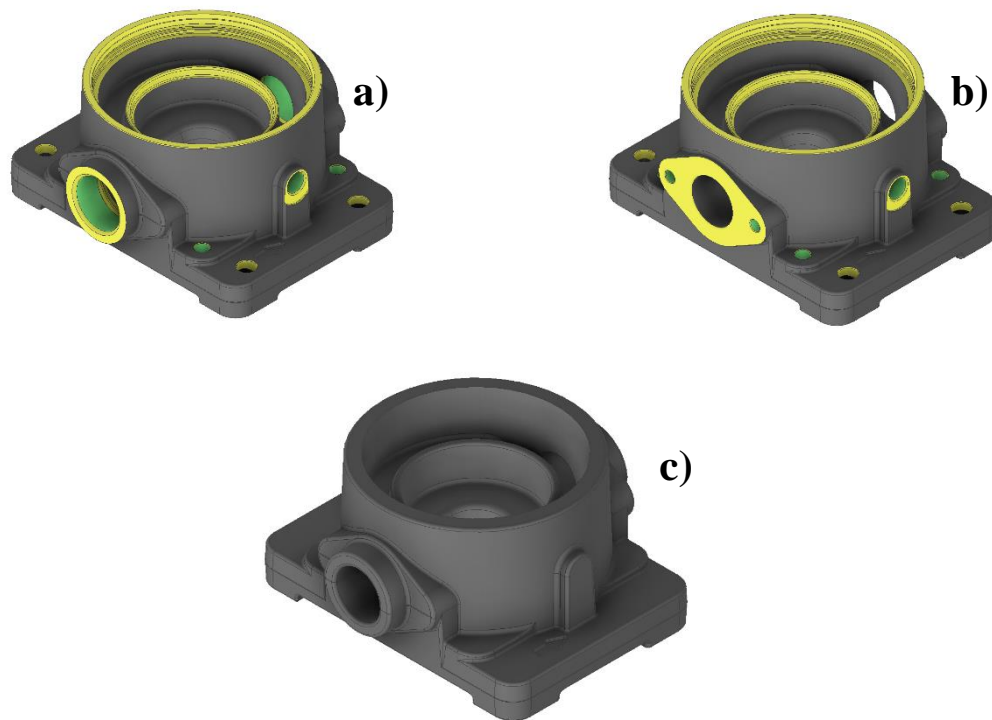
Nyní již Franklin Electric obchoduje a vyrábí po celé zeměkouli. V Evropě má zastoupení v Itálii, Německu a České republice. V České republice se výrobní komplex nachází v okolí města Brna. Je rozdělen do dvou oddělených pracovišť. Hlavní pracoviště nacházející se v městské části Brno Slatina je zaměřeno na kompletaci elektromotorů pro ponorná čerpadla. Druhé pracoviště se nachází v Technologickém parku u obce Modřice a slouží jako pracoviště zaměřené na obrábění a práškování kovových dílců pro čerpadla.

2.2 Představení obrobku

Součástí, kterou se v této bakalářské práci zabývám, je příruba pro vertikální čerpadlo. Tato součást slouží k přívodu a odvodu čerpané kapaliny a k uzavření konce čerpadla proti vniku kapaliny. Na čtvercovém podstavci se nachází osm průchozích děr. Čtyři díry umístěné v rozích podstavce (na Obr. 2.1 vyznačeny žlutě) jsou bez závitů a slouží k připevnění k pevnému podstavci. Po stranách přívodového a odvodového otvoru jsou čtyři díry se závitem (na Obr. 2.1 označeny zeleně), které slouží k sešroubování horní a dolní příruby. Vyústění přívodového a odvodového kanálu má dva druhy provedení. Prvním je vnitřní závit v samotných kanálech (Obr. 2.1 a). Druhé provedení (Obr. 2.1 b) má vnější plochu ofrézovanou pro přesné dosednutí koncovky hadice. Uchytení hadice zajišťují dvě průchozí díry se závitem po stranách kanálů. Na straně rotační části příruby je nálipek s průchozím otvorem, sloužící k odvodnění čerpadla. Tento otvor je stupňovitý a vede přes dvě stěny příruby. Je osazen závitem G3/8" v délce 12 mm pro našroubování těsnícího šroubu s o-kroužkem. Okolí tohoto otvoru je zahlubeno, kvůli přesnému dosednutí šroubu.

Do horní rotační části příruby se nasazuje pouzdro čerpadla. Kvůli nasazování pouzdra jsou vnitřní okraje příruby zkoseny o 45°. K těsnění tohoto rozebíratelného spoje se používá o-kroužek. Je umístěn v drážce, která se nachází 4 mm pod hrdlem příruby.

Polotovary příruby (Obr. 2.1 c) se vyrábí ve dvou variantách, které se liší výškou příruby a šířkou podstavce. Oba typy polotovaru mají dva konečné typy výrobku, které se liší zakončením odvodového a přívodového kanálu. Materiál polotovaru je litina s lupínkovým grafitem s označením EN-GJL-250, která má perlitickou strukturu.



Obr. 2.1 Obráběný díl a) Součást v provedení s vnitřním závitem v kanálech, b) součást v provedení s plochými přírubami, c) polotovar obrobku.

3 POPIS STÁVAJÍCÍHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

3.1 Obráběcí stroj

Tato součást je obráběna na soustružnickém centru Kovošvit MAS SP 430 MC (Obr. 3.1). Tento typ je vybaven jedním pevným vřetenem a nástrojovou hlavou s otočným zásobníkem nástrojů, které mohou být poháněny rychlostí 4000 otáček za minutu. Zásobník je schopný pojmout 12 nástrojů. Maximální délka soustružení je 1100 mm a maximální průměr soustružení je 550 mm. Maximální otáčky hlavního vřetene jsou 3800 otáček za minutu. Na dně obráběcí kabiny vede dopravník třísek, který slouží k vyvážení obrobku.



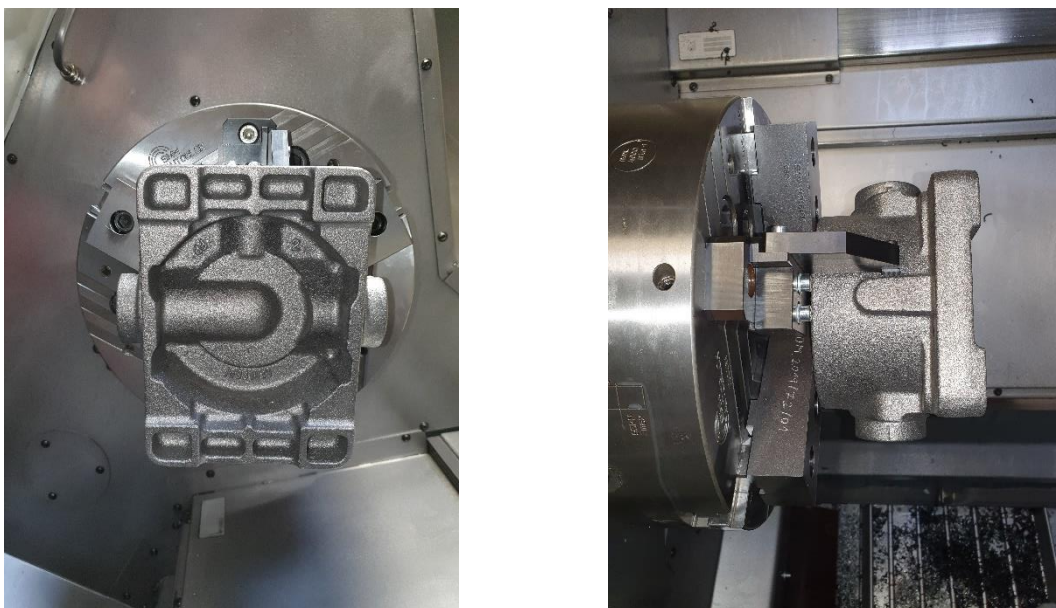
Obr. 3.1 Soustružnické centrum SP 430 Kovošvit MAS [19].

Tab. 3.1 Technická data stroje MAS SP 430 MC. [19]

Technická data		
Max. délka soustružení	1 100	mm
Max. průměr soustružení	550	mm
Max. průchod tyče hlavním vřetenem	80	mm
Rychloposuv v osách X a Z	30	m.min ⁻¹
Max. otáčky vřetena	3 800	min ⁻¹
Počet poloh nástrojové hlavy	12	
Max. otáčky nástrojového vřetena	4 000	min ⁻¹
Délka stroje	5 033	mm
Šířka stroje	2 180	mm
Výška stroje	2 264	mm
Hmotnost stroje	8 500	kg

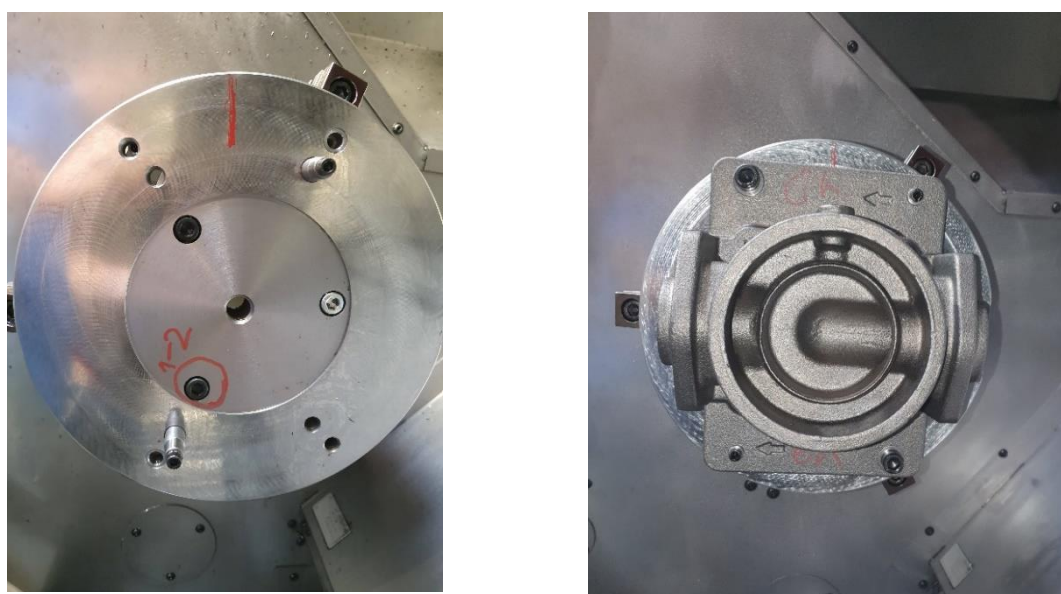
3.2 Upínání obrobku

Součást je upínána nadvakrát. První upnutí (Obr. 3.2) slouží k osoustružení spodního čela obrobku a vyvrtání průchozích děr na podstavci. K tomuto účelu je součást upnuta vnitřními tvrdými čelistmi za vnitřní surový průměr. Upínací tlak je 15 barů. Správná poloha obrobku je zajištěna dorazem mezi první a druhou čelistí, který dosedá na nálitek na straně příruby a směrem předlité šipky na podstavci příruby. Nulový bod Z0 se nachází na předním čele obrobku. Před upínáním obrobku je čelist vyložena o 4 zuby do sklíčidla.



Obr. 3.2 Upnutí obrobku číslo 1.

Druhé upnutí (Obr. 3.3) slouží k obrobení horních čel obrobku, vytvoření zápichu pro těsnící kroužek a vytvoření otvoru pro odvodnění čerpadla. Součást je upnuta na upínací desce, která je upnuta do měkkých čelistí tlakem 18 barů. Upínací deska se polohuje pomocí označeného šroubu mezi první a druhou čelist. Dílec je polohován na desku dvěma kolíky, které jsou uloženy na upínací desce, na které se nasadí zbylé dvě předvrtané díry na krajích podstavce. Pro možnost použití na oba polotovary s rozdílnou roztečí upínacích děr se tyto dorazové kolíky skládají ze závitové tyče, která je přišroubována k upínací desce šroubem s imbusovou hlavou. Správnou orientaci obrobku zajišťuje barevná značka na upínací desce, na kterou se polohuje náliček obrobku. Součást je upnuta na upínací desce dvěma šrouby procházejícími průchozími dírami na krajích podstavce příruby, které byly zhotoveny při předešlém upnutí. Nulový bod Z0 se nachází na čele upínací desky. Před upínáním obrobku je čelist vyložena o 3 zuby ze sklíčidla.



Obr. 3.3 Upnutí obrobku číslo 2.

3.3 Obráběcí operace

Při prvním upnutí se provede pět obráběcích operací. Jedna soustružnická operace, jedna frézovací operace, dvě vrtací operace a jedna operace závitování. První operací je zarovnání čela obrobku pro přesné usazení na upínací desku při druhém upínání soustružnickým nožem s řeznou destičkou. Další operací je vrtání čtyř průchozích děr vrtákem o průměru 10,2 mm pro následné závitování závitníkem M12 po celé délce průchozí díry. Jelikož se zbylé čtyři díry o průměru 13 mm vrtají ze strany, kde není povrch zcela rovný, následuje operace frézování před vrtáním frézou o průměru 13 mm. Poslední operací tohoto upnutí je vrtání čtyř průchozích děr vrtákem o průměru 13 mm na předem ofrézovaném povrchu.

Při druhém upnutí se provádí deset obráběcích operací. Tři soustružnické operace, čtyři vrtací operace, dvě frézovací operace a jedna operace závitování. První operací je hrubování čel a vnitřních ploch vnějšího a vnitřního hrdla příruby. Další operací je šlichtování vyhrubovaných povrchů. Poslední soustružnickou operací je vytvoření vnitřního zápichu pro těsnící kroužek na vnějším hrdle příruby. Další čtyři operace se týkají vrtání otvoru pro odvodnění čerpadla. Jako první je vyvrtán průchozí otvor vrtákem o průměru 8 mm, který vede skrz dvě stěny této příruby. Následuje vrták o průměru 12 mm se špičkou zbroušenou do úhlu 90°, který vytvoří správný tvar dutiny pro dosednutí těsnícího šroubu. Vrtákem o průměru 13,05 mm se vyvrtá průchozí díra pouze první stěnou. K poslední operaci vrtání se použije vrták o průměru 15,25 mm s tvarově nabroušenou špičkou a úhlem 118°, který předvrtá díru pro závitník G3/8". Další operací je zahloubení okolí vyvrtané díry záhlubníkem o průměru 30 mm a následné sražení okrajů díry pro závit srážecí frézou pod úhlem 45°. Poslední operací je vytvoření závitů závitníkem G3/8" v délce 12 mm předvrtané díry.

Tab.3.2 Stávající technologický postup.

První upnutí	
Název operace	Nástroj
Osoustružení čela	Soustružnický nůž
Vrtání 4 průchozích děr pro závit M12	Vrták D10,2 mm
Závitování 4 děr závitkem M12	Závitník M12
Frézování 4 povrchů pro následné vrtání	Fréza 13 mm
Vrtání 4 průchozích děr	Vrták D13 mm
Druhé upnutí	
Název operace	Nástroj
Hrubování čel a vnitřního tvaru	Soustružnický nůž
Šlichtování čel a vnitřního tvaru	Soustružnický nůž
Osoustružení zápichu	Soustružnický nůž
Vrtání průchozí díry	Vrták D8 mm
Vrtání díry	Vrták D12 mm s vrcholovým úhlem 90°
Vrtání průchozí díry	Vrták D13,5 mm
Vrtání díry pro závit G3/8"	Vrták D15,25 mm tvarově broušený
Zahloubení okolí díry	Záhlubník D30 mm
Sražení okrajů díry	Srážecí fréza 45°
Závitování závitů G3/8"	Závitník G3/8"

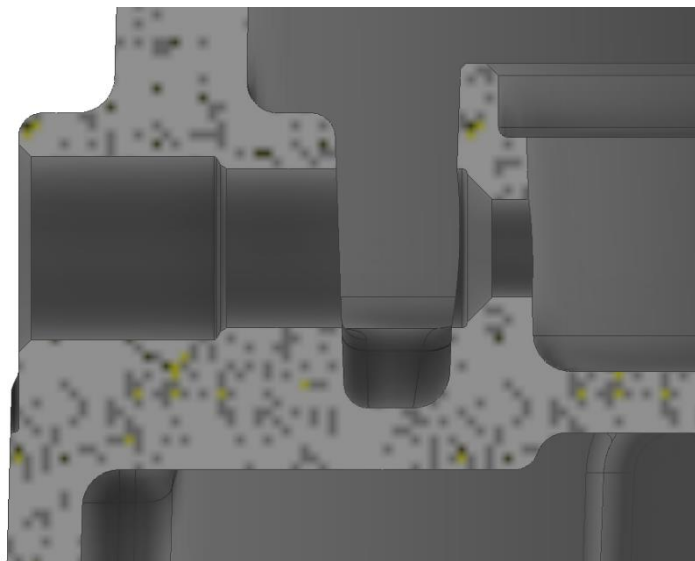
4 NÁVRH SDRUŽENÉHO VRTACÍHO NÁSTROJE

4.1 Vylepšení stávajícího postupu

Stávající technologický postup se skládá z patnácti obráběcích operací. Operace na prvním upnutí se dají zrychlit pouze použitím vhodnějších materiálů nástrojů, a tím i možností zvýšení otáček nástrojů. Jelikož jsou nástroje v této pracovní dílně používány na obrábění více dílců, mohl by tento krok vést k složitější manipulaci s nástroji. Tím by rostla možnost záměny nástroje. Při druhém upnutí nastává problém v upnutí nástrojů do zásobníku nástrojů. Běžnou praxí je upínat nástroje ob jeden volný slot pro nástroje a tím se vyhne nechtěné interakci pasivního nástroje s obrobkem či samotným strojem. U tohoto počtu nástrojů to však není možné, protože jsou volné pouze dva sloty. Proto bylo rozhodnuto o **sloučení čtyř nástrojů v jeden**. Pro vylepšení tohoto postupu sloučíme operace vrtání díry pro odvodnění čerpadla (Obr. 4.1). Vrtací operace se dají sloučit do jedné návrhem sdruženého nástroje s průměry, úkosy a rádiusy. **Jako budoucí sloučené nástroje byly vybrány:**

- vrták o průměru 8 mm,
- vrták o průměru 12 mm s vrcholovým úhlem 90°,
- vrták o průměru 13,05 mm,
- vrták o průměru 15,25 mm,
- fréza na sražení okrajů díry pod úhlem 45°.

Tímto sloučením se uvolní místo v zásobníku nástrojů, sníží se čas na výměnu nástroje a překryje se čas vrtání všech průměrů děr. Současně se zajistí souosost všech průměrů děr.

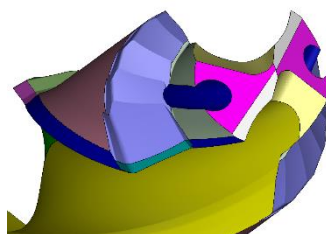


Obr. 4.1 Detail geometrie díry zamýšlené k vyvrtání sdruženým nástrojem.

4.2 Návrh sdruženého nástroje

Při návrhu geometrie nástroje jsem se držel kót uvedených na výrobním výkrese obráběné součástky. Průměry vrtáku jsem navrhoval do středů tolerančních polí průměru děr obrobku. Stopka vrtáku je navržena pro typ upínání Weldon dle DIN 1835-B o průměru 20 mm. Šroubovice nástroje začíná na stejném průměru a zajišťuje odvod třísky nad materiál obrobku při plném zanoření vrtáku. Následuje zkosení pod úhlem 45°, které nahrazuje frézu na sražení okrajů díry pro zavedení závitníku. Zkosení přechází ostře na průměr 15,25 mm s výrobní

přesností h9, které je zakončeno rádiusem R 0,2 s tolerancí jedné desetiny na obě strany tolerančního pole. Tento díl vrtáku je 15 mm dlouhý s tolerancí jedné desetiny do kladného tolerančního pole. Rádus R 0,2 přechází ve zkosení pod úhlem 59° a následného zkosení 30° o délce 0,5 mm na průměr 13,05 mm. Tento díl nahrazuje vrták o průměru 15,25 mm s tvarově nabroušenou špičkou, který vrtá díru pro vytvoření závitu G3/8". Průměr 13,05 mm je vyroben s přesností h8 a je zakončen rádiusem R 0,5 s tolerancí jedné desetiny na obě strany tolerančního pole. Rádus končí na průměru 12 mm. Přechází do zkosení pod úhlem 45° zakončeném na průměru 8 mm. Tento díl vrtáku nahrazuje dva vrtáky. Jeden o průměru 13,05 mm a druhém o průměru 12 mm s vrcholovým úhlem 90° . Posledním průměrem je průměr 8 mm s výrobní přesností h8 o délce 5 mm s tolerancí jedné desetiny na obě strany tolerančního pole. Vrcholový úhel vrtáku mi byl doporučen úhel 140° pro lepší zavrtání nástroje do obráběného materiálu. Tato poslední část vrtáku nahrazuje vrták o průměru 8 mm. Celková délka vrtáku je 130 mm se šroubovicí o délce 53 mm.



Obr. 4.2 Model špičky sdrúženého nástroje.

4.3 Výroba sdrúženého nástroje

Výroba nástroje byla zadána firmě ASTRA MOTOR spol. s.r.o. Firma vyrábí tento typ nástrojů z roubíků, které obsahují již předem vytvořené vnitřní kanálky pro vnitřní chlazení nástroje, které mají vyústění na špičce vrtáku a tím přispívají k odvodu třísek a tepla z místa obrábění. Materiál roubíku použitého na výrobu byl ze sorty CTS20D, což je sorta slinutých karbidů typu WC-Co s obsahem kobaltu 10 %, velikostí zrna $0,7 \mu\text{m}$ a tvrdostí 1600 HV30. [20]

Vyrobený nástroj byl následně povlakován metodou PVD (Physical Vapour Deposition) povlakem TiAlN, čímž se zvýšila jeho tvrdost, snížily se řezné síly a provozní teploty. [21]



Obr. 4.3 Vyrobený sdrúžený nástroj.

4.4 Návrh řezných podmínek sdrúženého nástroje

Řezné podmínky pro tento nástroj jsem stanovoval na základě doporučené konstantní řezné rychlosti $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Proto se řezné podmínky mění vždy, když se změní průměr nástroje vstupující do obrobku. Při úhlových změnách se nemění otáčky nástroje, ale pouze posuv nástroje na otáčku. Posuvy na otáčku jsem zvolil dle doporučení a zkušeností technologů ve firmě Franklin Electric. Po úpravě vztahu (1.1), dosažení hodnot a zaokrouhlení na vhodné jednotky byly vypočítány následné hodnoty:

Tab. 4.1 Řezné podmínky pro sdrúžený nástroj dle polohy špičky nástroje.

Poloha špičky nástroje v ose Y	Otáčky nástroje n	Posuv nástroje na otáčku f
Nad obrobkem	795 min^{-1}	5,00 mm (rychloposuv)
79,0 mm	795 min^{-1}	0,06 mm
76,0 mm	795 min^{-1}	0,10 mm
51,0 mm	490 min^{-1}	0,10 mm
38,3 mm	415 min^{-1}	0,10 mm

5 NÁVRH NOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU

5.1 Nový technologický postup

Technologický postup při prvním upnutí se nemění. U druhého upnutí se díky sloučení čtyř vrtáků a jedné srážecí frézy sloučí pět operací v jednu. Nový technologický postup proto bude následující.

Nový technologický postup se skládá z šesti obráběcích operací. Tři soustružnické operace, jedna vrtací operace, jedna frézovací operace a jedna operace závitování. První operací je hrubování čel a vnitřních ploch vnějšího a vnitřního hrdla příruby. Další operací je šlichtování vyhrubovaných povrchů. Poslední soustružnickou operací je vytvoření vnitřního zápichu pro těsnící kroužek na vnějším hrdle příruby. Následuje vrtání otvoru pro odvodnění čerpadla pomocí sdruženého nástroje. Poté se zahloubí okolí tohoto otvoru pomocí záhlubníku. Poslední operací při tomto upnutí je vytvoření závitu závitníkem G3/8" v délce 12 mm předvrtané díry.

Tab. 4.1 Nový technologický postup.

První upnutí	
Název operace	Nástroj
Osoustružení čela	Soustružnický nůž
Vrtání 4 průchozích děr pro závit M12	Vrták D10,2 mm
Závitování 4 děr závitem M12	Závitník M12
Frézování 4 povrchů pro následné vrtání	Fréza 13 mm
Vrtání 4 průchozích děr	Vrták D13 mm
Druhé upnutí	
Název operace	Nástroj
Hrubování čel a vnitřního tvaru	Soustružnický nůž
Šlichtování čel a vnitřního tvaru	Soustružnický nůž
Osoustružení zápichu	Soustružnický nůž
Vrtání průchozí díry	Sdružený vrták
Zahloubení okolí díry	Záhlubník D30 mm
Závitování závitu G3/8"	Závitník G3/8"

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá technologií vrtání a možnostmi jejího vylepšení v technologickém postupu. Popisuje nástroje používané při výrobě děr, rozdělené na nástroje pro výrobu děr krátkých a děr hlubokých a stroje používané při jejich výrobě s výčtem vztahů pro výpočet řezných podmínek.

Problémem technologického postupu pro výrobu příruby elektromotoru, která je vyráběna na CNC soustružnickém centru na dvě upnutí, byl nadměrný počet potřebných nástrojů v zásobníku nástrojů při druhém upnutí. Řešením tohoto problému bylo sdružení čtyř vrtacích operací a jedné operace frézování v jednu operaci. Toho bylo dosaženo návrhem a výrobou sdruženého vrtacího nástroje. Tento vrtací nástroj má stupňovitou geometrii, která kopíruje geometrii vrtané díry, a tím nahrazuje předešlých pět používaných nástrojů. Nástroj byl vyroben dle vytvořeného výkresu firmou ASTRA MOTOR spol. s.r.o. z polotovaru ze slinutých karbidů a povlakován metodou PVD povlakem TiAlN. Nástroj je vybaven kanálky pro vnitřní chlazení nástroje, které je vyvedeno na špičce nástroje. Toto řešení přispívá k lepšímu odvádění obráběného materiálu z místa řezu.

Tímto krokem byl snížen počet nástrojů v zásobníku nástrojů z počátečních deseti na šest, čímž se snížila možná interakce pasivního nástroje s obrobkem nebo strojem. Také byl snížen čas vrtání obráběné díry. Původní čas samotného vrtání dosahoval dvou minut bez započítání potřebného času na výměnu nástrojů. Po zaimplementování sdruženého vrtacího nástroje do technologického postupu se čas potřebný na vyvrtání obráběné díry snížil na jednu minutu. Čas na vyvrtání této díry se proto zmenšil na polovinu a čas potřebný na výměnu nástroje byl zcela odstraněn.

Sdružený nástroj přinesl další výhodu spočívající v zajištění souososti všech vrtaných průměrů této díry, které bylo dosaženo díky shodné ose všech průměrů nástroje.

Návrhem v této práci popsaného sdruženého nástroje jsem snížil čas výroby díry pro odvodnění čerpadla, snížil jsem možnost kolizní interakce nástrojů s jejich okolím a zajistil souosost všech průměrů této díry.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HUMÁR, Anton. *Technologie I: TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ - 2.část* [online]. Brno, 2004 [cit. 2020-04-03]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TI_TO-2cast.pdf. Skriptum. Vysoké učení technické v Brně.
- [2] BRYCHTA, Josef. *Technologie II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2007-2008. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] MÁDL, Jan a Jaroslav BARCAL. *Základy technologie II*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02610-8.
- [4] SOVA, František. *Technologie obrábění a montáže*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2001. ISBN 80-7082-823-4.
- [5] SHARK-DRILL2. *Arno Werkzeuge* [online]. United Kingdom: Karl-Heinz Arnold GmbH, 2016 [cit. 2020-06-12]. Dostupné z: https://www.arno-tools.co.uk/uploads/media/Bohren_3Spr_SharkDrill2_4_2012_03.pdf
- [6] Katalog a technický průvodce 2020.1. *Seco tools* [online]. česká republika: SECO TOOLS AB, 2020 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/article/84588>
- [7] Rotační nástroje. *Sandvik Coromat* [online]. Česká republika: Sandvik Coromat, 2020 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <https://tibp.blob.core.windows.net/coromant/bbdb59e1-260a-436f-9f90-d1205ed1d521.pdf?sv=2014-02-14&sr=b&sig=0G4oinpcSsGP0pc6D1HvXt3f30mAnzvDUbwWYRu0QHo%3D&st=2020-06-13T07%3A02%3A37Z&se=2020-06-13T08%3A07%3A37Z&sp=r&rsct=application%2Fpdf&rscd=inline%3B%20filename%3Dc-2900-28.pdf>
- [8] KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 270 s. : il., tabulky, grafy, schémata. ISBN 80-214-3068-0.
- [9] Stroje pro výrobu děr. *Ostravská Univerzita* [online]. Ostrava: Miroslav Hrubec, 2009 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.osu.cz/dokumenty/proportal/pdf/kpv/vrtani/stroje.html>
- [10] *Vrtání hlubokých děr: Katalog produktů apalikační příručka*. Česká republika. Dostupné také z: http://www.kvantum.sk/files/vrtanie_hlbokych_otvorov.pdf
- [11] PÍŠKA, Miroslav. *Speciální technologie obrábění*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-4025-8.
- [12] Catalog System Ejector. *Botek* [online]. Německo: botek Präzisionsbohrtechnik GmbH, 2013 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <https://www.botek.de/en/download/catalog-order-data/catalog-system-ejector/#page/1>
- [13] Catalog System BTA. *Botek* [online]. Německo: botek Präzisionsbohrtechnik GmbH, 2018 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <https://www.botek.de/en/download/catalog-order-data/catalog-system-bta/#page/1>
- [14] BORSKÝ, Václav. *Obráběcí stroje*. 1. vyd. Brno: VUT, 1992. ISBN 80-214-0470-1.
- [15] *Heltos* [online]. Česká republika: Heltos a.s., 2008 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <http://www.heltos.cz/>
- [16] Stojanová vrtačka KBM 40. *Bernardo* [online]. Rakousko: Bernardo, 2018 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <https://www.bernardo.at/cz/metall/metallbearbeitung/bohrmaschinen/kastenstanderbohrmaschinen/kbm-40.html>

- [17] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- [18] History of Franklin Electric Company, Inc. *Reference for Bussiness* [online]. USA: Adavmeg, Inc., 2020 [cit. 2020-04-06]. Dostupné z: <https://www.referenceforbusiness.com/history2/5/Franklin-Electric-Company-Inc.html>
- [19] Soustružnické centrum SP 430. *Kovosvit MAS* [online]. Česká republika: Kovosvit MAS, 2016 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <https://www.kovosvit.cz/sp-430-p13.html#main>
- [20] Carbide grades. *Ceratizit group* [online]. Luxembourg: CERATIZIT S.A., 2013 [cit. 2020-06-17]. Dostupné z: <https://www.ceratizit.com/en/products/rods-preforms/carbide-grades/>
- [21] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing, 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
BTA	Boring and Trepanning Association
CNC	Computer Numerical Control
DTS	Double Tube Systém
PVD	Physical Vapour Deposition
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
Spol.	Společnost
STS	Single Tube System

Symbol	Jednotka	Popis
A_d	mm^2	Průřez třísky
b_D	mm	Šířka třísky
D	mm	Průměr třísky
D_i	mm	Průměr vrtáku
f	mm	Posuv na otáčku
F_c	N	Řezná síla
F_f	N	Posuvová síla
F_p	N	Pasivní síla
h_D	mm	Tloušťka třísky
L	mm	Délka díry
n	min^{-1}	Otáčky vrtáku
P_c	kW	Řezný výkon
P_f	kW	Posuvový výkon
v_{ci}	$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	Řezná rychlost
v_f	$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$	Posuvová rychlost
K_r	$^\circ$	Úhel nastavení hlavního ostří

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Výkres polotovaru příruby č.1
- Příloha 2 Výkres polotovaru příruby č.2
- Příloha 3 Výkres příruby se závitem v kanálech č.1
- Příloha 4 Výkres příruby se závitem v kanálech č.2
- Příloha 5 Výkres příruby s plochými přírubami č.1
- Příloha 6 Výkres příruby s plochými přírubami č.2
- Příloha 7 Výkres sdruženého vrtáku