

Zproduktivnění výrobního procesu obrábění vynik- lých pólů

Jiří Surovec

Bakalářská práce
2013

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Jiří SUROVEC

Osobní číslo: T10114

Studijní program: B3909 Procesní inženýrství

Studijní obor: Technologická zařízení

Forma studia: kombinovaná

Téma práce: Zproduktivnění výrobního procesu obrábění
vyniklých pólů

Zásady pro vypracování:

1. Provedte analýzu současného stavu
2. Zpracujte teoretická východiska obrábění
3. Navrhněte zproduktivnění obrábění
4. Provedte ekonomické zhodnocení řešení

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Literatura dle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Melišík, Ph.D.

Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

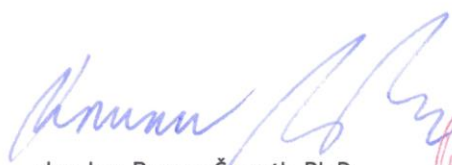
Datum zadání bakalářské práce:

8. února 2013

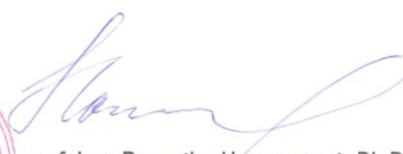
Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2013

Ve Zlíně dne 11. února 2013



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 14.4.2013

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je návrh produktivní technologie obrábění vyniklých pólů vyráběných ve vybrané firmě pro významného světového výrobce generátorů, elektromotorů a hydromotorů. V teoretické části práce je zpracována literární rešerše teoretických a praktických poznatků z technologie vrtání a závitování. V praktické části práce je vykonána analýza stávající technologie. Na základě této analýzy je zde navržena a prezentována technologie nová, vedoucí ke zvýšení produktivity obrábění a též v neposlední řadě dodržení požadované kvality vyráběných kusů dle požadavků zákazníka.

Klíčová slova: vrták, produktivita, závit, pól

ABSTRACT

The goal of this Master thesis is proposal of productive machining technology of salient poles which are manufactured in a selected company for a significant world producer of generators, electromotors and hydromotors.

In the theoretical part there is a literary research of theoretical and practical findings from technology of drilling and screw covered.

In the practical part there is analysis of existing technology described. Based on this analysis new technology is suggested and presented. This new technology leads to increasing of machining productivity and also to compliance of required quality of produced items according to customer's wants.

Keywords: drill, productivity, thread, pole

Tímto chci poděkovat vedoucímu práce Ing. Martinovi Melišíkovi, PhD, za cenné rady a konzultace spojené s touto prací.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TECHNOLOGIE VRTÁNÍ.....	12
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY TEORIE OBRÁBĚNÍ	12
1.2 TECHNOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA	12
1.2.1 Kinematika vrtacího procesu.....	13
1.2.2 Průřez třísky	14
1.2.3 Řezná síla	15
1.2.4 Kroutící moment	16
1.2.5 Výpočet času obrábění	16
1.3 NÁSTROJE NA OTVORY	16
1.3.1 Šroubovité vrták (HSS).....	17
1.3.2 Vrtáky z tvrdokovu (TK).....	19
1.3.3 Vrtáky z vyměnitelným břitem.....	20
1.3.3.1 Vrtáky s vyměnitelnou hlavou (korunkové vrtáky)	20
1.3.3.2 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami	21
1.3.4 Dělové (hlavňové) vrtáky	21
1.3.5 Kopinaté vrtáky	22
1.3.6 Ejektorový vrták	23
1.3.7 BTA nebo STS vrtací hlavy	24
2 TECHNOLOGIE ZÁVITOVÁNÍ.....	25
2.1 ZÁKLADNÍ POJMY.....	25
2.2 ROZDĚLENÍ ZÁVITŮ	26
2.3 ZPŮSOBY VÝROBY ZÁVITŮ	27
2.3.1 Řezání závitů.....	27
2.3.2 Tváření závitů.....	27
2.3.3 Soustružení závitů	28
2.3.4 Frézování závitů	29
3 VRTACÍ A VYVRTÁVACÍ STROJE	31
3.1 STOLNÍ VRTAČKY	31
3.2 SLOUPOVÉ VRTAČKY	32
3.3 STOJANOVÉ VRTAČKY	32
3.4 OTOČNÉ VRTAČKY-RADIÁLNÍ	33
3.5 SPECIÁLNÍ VRTAČKY	34
3.5.1 Montážní vrtačky.....	34
3.5.2 Souřadnicové vrtačky	34
3.5.3 Vrtačky s revolverovou hlavou	34
3.6 STROJE PRO VYVRTÁVÁNÍ	34
3.6.1 Stolová vyvrtávačka	35
3.6.2 Desková vyvrtávačka	35
3.6.3 Jemná vyvrtávačka	36

4	ELEKTRICKÉ STROJE.....	37
II	PRAKTICKÁ ČÁST	39
5	STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	40
6	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S.	41
6.1	HISTORIE SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S.....	41
6.2	VÝROBNÍ PROGRAM SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S.	42
6.3	PŘEDSTAVENÍ OBROBNY SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S.	42
6.4	PŘEDSTAVENÍ PRACOVÍŠTĚ WHN 13 CNC	43
7	POUŽITÉ MATERIÁLY VYNIKLÝCH PÓLŮ	46
8	CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU	48
8.1	PŘEDMĚT RACIONALIZACE	48
8.2	PŮVODNĚ NAVRŽENÁ TECHNOLOGIE VÝROBY	49
8.3	NOVĚ NAVRŽENÁ TECHNOLOGIE VÝROBY	50
8.4	VYHODNOCENÍ.....	59
	ZÁVĚR	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	64
	SEZNAM TABULEK.....	67
	SEZNAM VZORCŮ	68
	SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

K nejčastěji používaným obráběcím technologiím patří vrtání a závitování. Tyto výrobní technologie se velmi rychle rozvíjí a modernizují. Přispívají k tomu nové metody výroby, nové moderní stroje a v neposlední řadě stále se zdokonalující nástroje.

Cílem každého výrobce je mít co nejefektivnější proces výroby. S tím souvisí i snaha o co nejmenší náklady na výrobu za předpokladu udržení požadované kvality. S výší celkových nákladů souvisí také náklady spojené s výrobou nástrojů a jejich životností.

Má bakalářská práce navrhuje nové produktivnější řešení v oblasti obrábění vyniklých pólů elektrických generátorů. Tento návrh předpokládá zvýšení produktivity při vrtání a závitování těchto pólů. Snižování výrobních nákladů ovlivňuje konkurenceschopnost jejich prodeje a uplatnění se na světových trzích.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TECHNOLOGIE VRTÁNÍ

1.1 Základní pojmy teorie obrábění

Obrábění – je to technologický proces, při kterém získáváme z polotovaru odebráním materiálu (přídavku) součást splňující požadavky konstrukce z hlediska tvarů, rozměrů a kvality. Metody, kterými dosahujeme větších úběrů materiálu, většinou s nižší kvalitou obrobene plochy (hrubovací operace, obrábění načisto s běžnými nároky na přesnost a drsnost povrchu) se nazývají výrobní (základní). Pro dosažení vyšší kvality se používají metody dokončovací.

Jiné rozdělení vychází z principu úběru materiálu-třískové (mechanické) a nekonvenční (fyzikálně chemické) způsoby. Do obrábění jsou zahrnovány i speciální metody, vytvářející konečný tvar a kvalitu povrchu součásti některými z procesů tváření.[1]

Technologie soustružení – nejpoužívanější výrobní metoda především pro výrobu rotačních ploch. Hlavní rotační pohyb vykonává obrobek, posuvy nástroj. Běžně lze vyrábět válcové, kuželové, rotační tvarové a šroubové plochy (závity) vnější i vnitřní, malé otvory v ose rotace (vrtání), čelní rovinné plochy. [1]

Technologie frézování – druhá nejrozšířenější obráběcí metoda především pro výrobu rovinných a tvarových ploch, drážek, závitů, ozubení apod. Hlavní pohyb rotační vykonává vícebřítý nástroj, ostatní pohyby obrobek. Frézovat lze obvodem (válcové) nebo čelem nástroje popřípadě kombinací obou způsobů. [1]

Technologie vrtání – je metoda používaná k výrobě otvorů do plného materiálu nebo ke zvětšování již jinak vyrobených děr. Tím rozumíme otvory přepálené, předlité, předkované apod. Hlavní pohyb je rotační až na výjimky jej vykonává jedno nebo vícebřítý nástroj, vedlejší (posuvový) pohyb vykonává rovněž nástroj (výjimku tvoří vrtání děr na soustruhu a frézce). [1] [2]

Řezná rychlost, která je měřítkem hlavního pohybu, je u vrtacích nástrojů největší na obvodě a zmenšuje se směrem ke středu nástroje, kde je nulová.

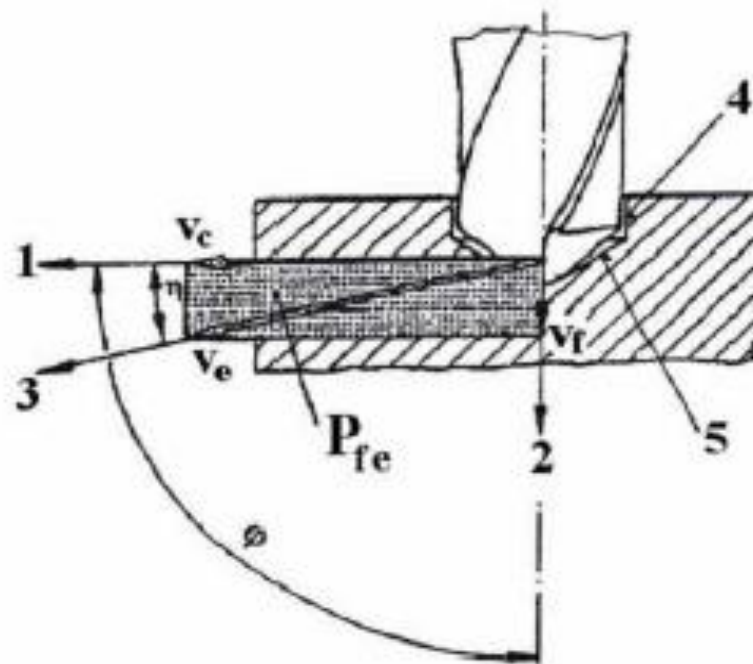
1.2 Technologická charakteristika

Vrtání patří mezi nejrozšířenější operace obrábění. U vrtání rozdělujeme otvory na průchozí a neprůchozí. Průchozí otvory jsou z technologického hlediska poměrně snadno obrobi-

telné. U neprůchozích (slepých) musíme dávat pozor na jejich zakončení, na zabezpečení přesné hloubky vrtání, na nutnost odřezávání zbytku třísky ze dna díry. [13]

Šroubovité vrták - typický dvoubřítý vrtací nástroj - charakterizuje praxí ověřené konstrukční i výrobní provedení. Nové řezné a konstrukční materiály, současné výrobní a další technologické požadavky jsou stálým impulzem k vývoji a inovaci vrtáků. [3]

1.2.1 Kinematika vrtacího procesu



Obr. 1. Vrtání šroubovým vrtákem-kinematika procesu

směr hlavního pohybu

směr posunového pohybu

směr řezného pohybu

V_c - řezná rychlost

V_f - posunová rychlost

V_e - rychlost řezného pohybu

P_{fe} - pracovní boční rovina

φ - úhel posunového pohybu

η -úhel řezného pohybu

Řezná rychlost- Je to rychlost hlavního řezného pohybu. Stanoví se jako jako obvodová rychlost na daném průměru a představuje základní hodnotu pro výpočet řezných podmínek. [3]

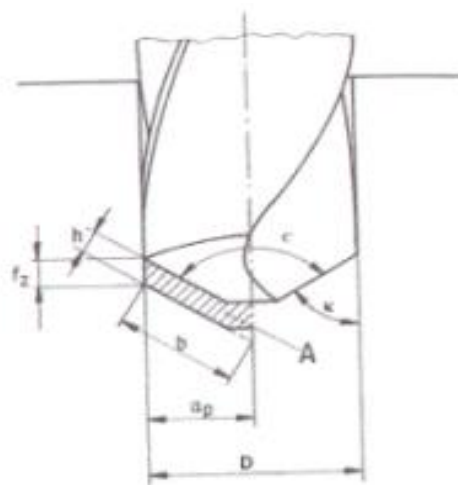
$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{min}} \right] \quad (1)$$

Posuvová rychlost- Je rychlost posuvu nástroje vůči obrobku, případně posuv obrobku vůči nástroji vyjádřený délkou dráhy za jednotku času.

$$V_f = f \cdot n \quad \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right] \quad (2)$$

Posuv na zub $f_z = \frac{f}{z} \quad [\text{mm}] \quad (3)$

1.2.2 Průřez třísky



Obr. 2. Průřez odřezávané vrstvy pro vrtání do plna spirálovitým vrtákem

Pro spirálovitý vrták se 2 břity ($z=2$) platí:

$$a_p = \frac{d}{2} \quad (4)$$

$$f_z = \frac{f}{2} \quad (3)$$

Průřez odřezávané vrstvy A: $A = \frac{d \cdot f}{4} \quad (5)$

1.2.3 Řezná síla

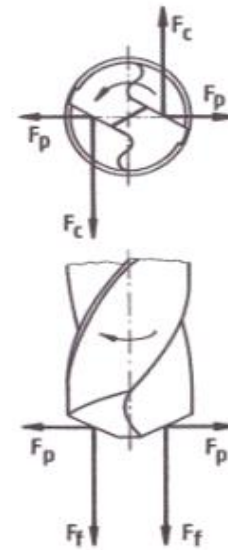
Síla třískového obrábění F je celková síla působící na obrobek. Dá se rozložit na různé složky, přičemž zvláštní význam mají složky vztahované k pracovní rovině a ke směru řezu a posuvu. [3]

F_c - řezná síla

F_f - posunová síla

F_p - pasivní síla

P_{fe} - pracovní boční rovina



Obr. 3. Síly při vrtání

Výpočet řezné síly pro vrtání: $F_{cz} = \frac{D}{2} \cdot f_z \cdot k_c \cdot f_B \quad [N] \quad (6)$

F_{cz} - řezná síla na břit

D - vnější průměr otvoru

d - vnitřní průměr otvoru

f_z - posuv na zub

k_c - specifická řezná síla (závislá na materiálu)

f_b - faktor metody vrtání (pro vrtání =1; pro vyvrtávání =0,95)

1.2.4 Kroutící moment

Výpočet kroutícího momentu:
$$M_d = \frac{F_{cz} \cdot Z \cdot D}{1000} \quad (7)$$

F_{cz} - řezná síla na břit

D- vnější průměr otvoru

Z- počet břitů nástroje

1.2.5 Výpočet času obrábění

$$t_h = \frac{L}{f \cdot n} \quad [\text{min}] \quad (8)$$

t_h - hlavní čas vrtání $[\text{min}]$

L- celková dráha vrtání $[\text{mm}]$

f- posuv $[\text{mm/ot.}]$

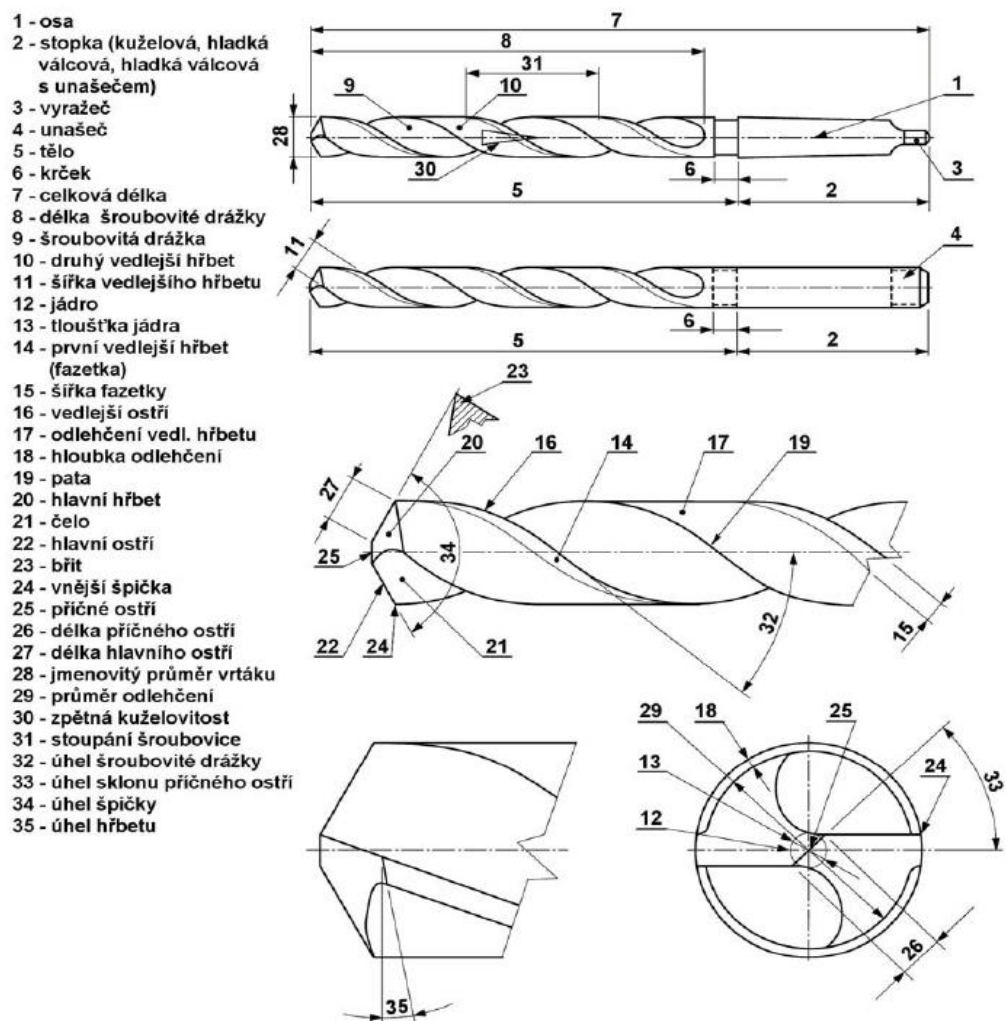
n- počet otáček $[\text{min}^{-1}]$

1.3 Nástroje na otvory

Proces vrtání, přestože vypadá na první pohled jednoduše, klade poměrně vysoké nároky na řezný nástroj. Břity šroubovitého vrtáku odebírají materiál při proměnné řezné rychlosti (v ose blízké nule); u klasické konstrukce třísky odchází drážkami z místa řezu proti proudu chladicí kapaliny, což snižuje účinnost jejího působení. Zvyšující se požadavky na operace vrtání, např. vrtání tvrdých materiálů nebo extrémně dlouhých otvorů, podmínky funkce nástrojů ještě zhoršují. Proto výrobci neustále usilují o zvyšování kvality vrtacích nástrojů, aby z hlediska funkčních vlastností i přesnosti splňovaly požadavky současné výroby. Konkrétní výsledky těchto snah představují následující příklady nových vrtacích nástrojů.

[5] [13]

1.3.1 Šroubovitý vrták (HSS)



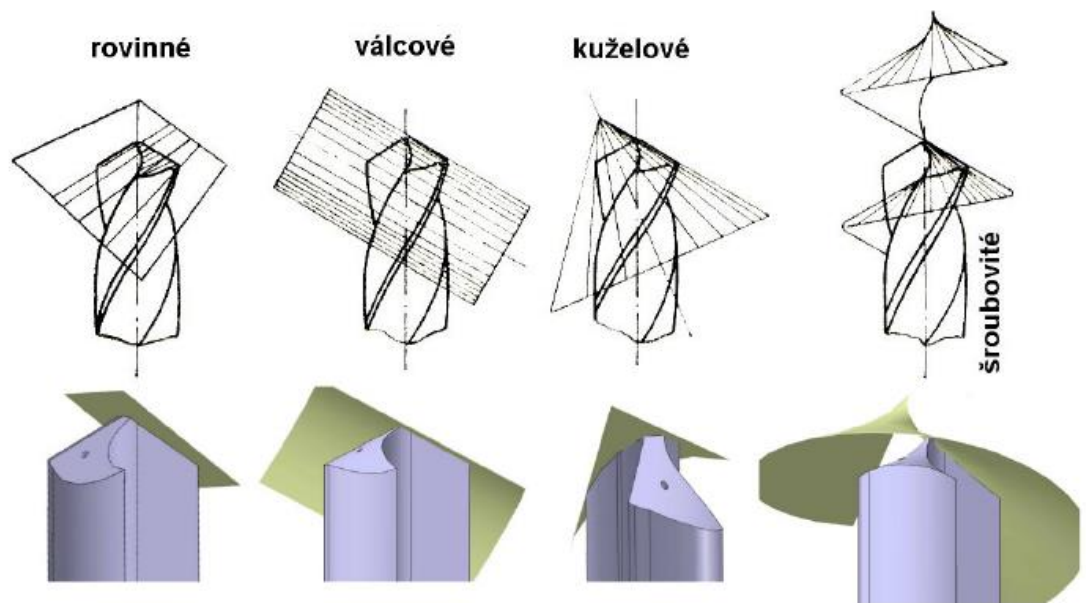
Obr. 4. Části šroubovitého vrtáku

Šroubovitě nebo též spirálové vrtáky jsou nejrozšířenějším a nejpoužívanějším nástrojem pro vrtání otvorů. Šroubovitý vrták je vyroben z válcovitého tělesa, do něhož jsou vybroušeny, vytvářeny, nebo vyfrézovány dvě protilehlé šroubovitě drážky, které slouží hlavně pro odvod třísek a pro přívod řezné kapaliny. Úhel stoupání této šroubovice je různý, závisí zejména na charakteru obráběného materiálu. Vrtáky určené pro vrtání ocelí a litin běžné pevnosti a tvrdosti mají úhel stoupání šroubovice drážek $27^\circ \pm 5^\circ$, větší úhel ($42^\circ \pm 5^\circ$) mají vrtáky pro vrtání materiálů s vysokou houževnatostí (např. měkké cementační oceli, slitiny hliníku bez přísady Si, termoplasty), menší úhel ($12^\circ \pm 5^\circ$) vrtáky pro vrtání tvrdších materiálů, dávajících drobnou třísku (bronz, mosaz, slitiny hořčíku, tvrdá pryž, bakelit, skelný laminát, tvrzený papír, umakart, novodur). [7] [13]

Po vytvoření drážek zůstane na vrtáku jádro o průměru 0,25 až 0,5x D, které zajišťuje jeho pevnost v kroucení a na vzpěr. Pro zmenšení tření vrtáku ve vrtané díře jsou jeho vedlejší hřbety odlehčeny na menší průměr (jmenovitý průměr je zachován pouze na úzké hřbetní fazetce) a tělo vrtáku se směrem ke stopce mírně kuželovitě zužuje. Úhel špičky u běžného šroubovitého vrtáku, určeného pro vrtání běžných nelegovaných ocelí střední pevnosti a litin střední tvrdosti, dosahuje hodnoty $\epsilon_r = 2\kappa_r = 118^\circ$, pro vrtání těžkoobrobitelných materiálů 140° , pro vrtání plastů a tvrdých pryží 90° . Někdy se špička vrtáku vybrušuje pod dvojitým úhlem, např. 90° a 120° (zejména pro vrtání materiálu s horší obrobitelností), což snižuje opotřebení nástroje v důsledku snížení jeho tepelného namáhání, dochází i ke snížení posuvové síly.

Hlavní ostří vrtáku jsou spojena příčným ostřím, které vzhledem k nepříznivé geometrii břitu a pracovním podmínkám v daném místě nástroje výrazně zvyšuje krouticí moment a zejména posuvovou sílu. Proto jsou u většiny současných šroubovitých vrtáků aplikovány různé úpravy příčného ostří (zkrácení pomocí podbroušení), nebo je nástroj konstruován tak, že příčné ostří je zcela odstraněno.

Šroubovitý vrták má poměrně složitou geometrii břitu, protože nástrojové úhly hřbetu i čela jsou podél hlavního ostří proměnné. Pokud má např. nástrojový ortogonální úhel čela v řezu vedeném na obvodu nástroje hodnotu $\gamma_o = +20^\circ$, v řezech směrem ke středu se tato hodnota zmenšuje a v ose nástroje může dosahovat nulové nebo dokonce záporné hodnoty. To je z hlediska procesu řezání velmi nevýhodné, zejména s přihlédnutím k nulové hodnotě řezné rychlosti v ose nástroje. Průběh úhlů hřbetu a čela podél hlavních ostří je ovlivněn způsobem podbroušení hlavních hřbetů, které může být realizováno podle kuželové, válcové, šroubovitě nebo rovinné plochy. [7] [13]



Obr. 5. Způsoby podbroušení hřebenových ploch šroubovitého vrtáku

Šroubovitě vrtáky jsou nejčastěji vyráběny z rychlořezných ocelí a to v provedení krátké-dlouhé, s válcovou či kuželovou stopkou – Morse.

1.3.2 Vrtáky z tvrdokovu (TK)

Spirálové vrtáky z tvrdokovu (TK) jsou logickým důsledkem požadavků průmyslu na nástroje s vyšším výkonem, resp. lepší odolností proti opotřebení. Z tohoto důvodu má čím dál větší význam používání těchto nástrojů na NC obráběcích centrech.

Výhody vrtáků z tvrdokovu oproti spirálovým vrtákům z rychlořezné oceli (HSS) spočívají v kratších časech obrábění a větším výkonu v metrech vyvrtaných otvorů. Konstrukční rozměry jsou vesměs převzaty ze spirálových vrtáků HSS. Pokud jsou možné rovněž podobné varianty, co se týká tvaru a geometrie břitů. Vrtáky jsou často vyráběny s oteřuvzdornými povlaky, většinou na bázi TiN. Mohou mít šroubovitě díry pro centrální přívod řezné kapaliny, vyrábějí se i v provedení se třemi břity. [13]



Obr. 6. Tvrdokovový vrták s povlakem

1.3.3 Vrtáky z vyměnitelným břitem

1.3.3.1 Vrtáky s vyměnitelnou hlavou (korunkové vrtáky)

Vrták s vyměnitelnou hlavou se skládá z vrtacího tělesa, které je vyrobeno z nástrojové oceli a vyměnitelných korunek, které jsou vesměs vyráběny ze slinutých karbidů-tvrdokovu. Jsou též vyráběny s různými typy povlaků.

Tyto vrtáky mají vyměnitelnou špičku (korunku) upevněnou na těleso vrtáku pomocí jednoho šroubu, který umožňuje jednoduchou výměnu. Správné dotažení upínacího šroubu by se mělo provádět pomocí předepsaného momentu. [13] [18]



Obr. 7. Vrtáky s vyměnitelnou korunkou

1.3.3.2 Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami

Jsou vysoce výkonné nástroje. Držák je vyroben z konstrukční oceli vyšší pevnosti, řeznou část tvoří dvě nebo více (podle průměru vrtáku) mechanicky upínaných vyměnitelných břitových destiček, nejčastěji z SK – povlakované.

Podstatné výhody vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami spočívají ve stálé geometrii hrotu vrtáku, neměnné délce nástroje a v možnosti jednoduchého a úsporného přizpůsobení řezného materiálu právě obráběnému materiálu. Odpadají pracovní procesy jako přebroušování a opakované povlakování břitů. Na rozdíl od vrtáků s vyměnitelnou špičkou mají mnohem větší řezný odpor. Velmi tuhé upnutí je zde podmínkou. [19]



Obr.8. Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami

1.3.4 Dělové (hlavňové) vrtáky

Dělové vrtáky se používají hlavně k vrtání hlubokých děr. Jejich tělo a ostří je konstruováno tak aby vedení nástroje v otvoru bylo co nejlepší. Tímto vrtákem lze vyvrtat díru v délce

několika desítek až stovek průměrů vrtáků a níž by došlo k jeho vybočení. Při vrtání je nutné zajistit dokonalý odvod třísek z díry proudem chladicí kapaliny.

Před nasazením dělového vrtáku je nutné vyvrtat částečně díru šroubovitým vrtákem, aby byl dělový vrták dostatečně veden.

Dělové vrtáky jsou opatřeny vodícími lištami, umístěnými na obvodě vrtáku tak, aby výsledná řezná síla procházela mezi nimi. Řezná část je z RO nebo SK. Držák je tvořen trubkou, která má menší průměr, než vrtaná díra. Vnitřkem držáku je do místa řezu přiváděna chladicí kapalina pod tlakem 2 až 4 MPa, která prostorem kolem trubky vyplavuje třísky.

[18] [19]

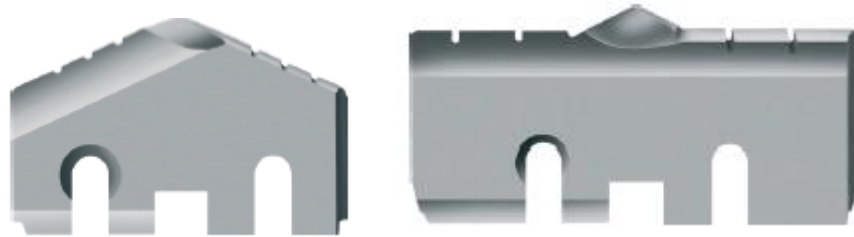


Obr. 9. Dělové vrtáky

1.3.5 Kopinaté vrtáky

Kopinaté vrtáky mají vysokou tuhost a umožňují bez předchozího navrtání a předvrtání vrtat díry až o průměru 120 mm (závisí na sortimentu daného výrobce). Většina současných kopinatých vrtáků umožňuje vnitřní přívod řezné kapaliny. Parametry drsnosti povrchu vyvrtané díry jsou horší než po vrtání šroubovitým vrtákem. Vyměnitelné břitové destičky mají speciální tvar a mohou být vyrobeny z rychlořezných ocelí nebo slinutých karbidů (včetně povlakovaných). Obvykle mají nástrojový úhel nastavení hlavního ostří $\kappa_r = 66^\circ$. Pro spolehlivé dělení odebírané třísky jsou na obou jejich hlavních hřbetech vy-

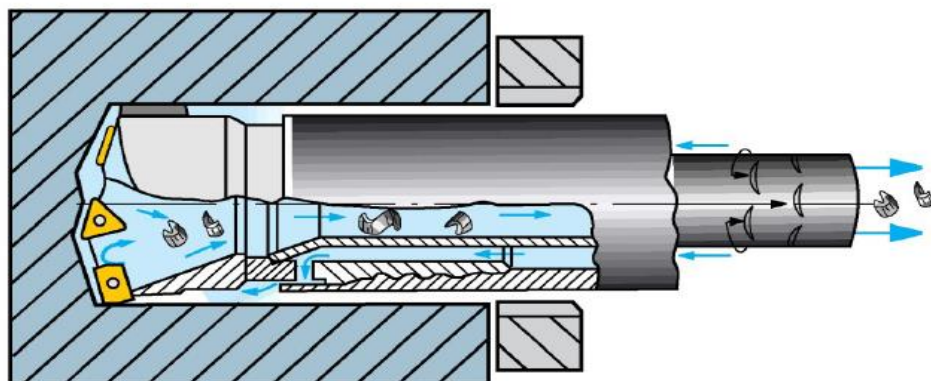
broušeny dělicí drážky. Pro snížení tření ve vrtané díře jsou na hlavních hřbetech destiček vytvořeny fazetky. [18]



Obr. 10. Vrtací destičky pro kopinaté vrtáky Hartner

1.3.6 Ejektorový vrták

Ejektorový vrták se skládá z vrtací hlavy, která je našroubována do vnější vrtací trubky. Řezná kapalina je přiváděna k břitům nástroje mezikružím mezi vnější a vnitřní trubkou, přičemž její malé množství, odcházející štěrbinami v zadní části vnitřní trubky způsobuje ejektorový efekt (nasávání kapaliny směrem od břitů vrtáků a strhávání vznikajících třísek). Pomocí ejektorových vrtáků lze vrtat díry o průměru 20 až 60 mm, v délce až 100x D (horizontálně) nebo 50x D (vertikálně). Systém může být aplikován na konvenčních obráběcích strojích, NC nebo CNC soustruzích, i na obráběcích centrech. [13]



Obr.11. Princip ejektorového vrtání

1.3.7 BTA nebo STS vrtací hlavy

Umožňují vrtat do plného materiálu, předvrtané díry i metodou „na jádro“ a lze je použít pro větší rozsahy vrtaných průměrů než vrtáky ejektorové. Vrtací hlavice do plného materiálu jsou vyráběny až do průměru 180 mm, vrtací hlavice pro vrtání „na jádro“ v rozsahu průměrů 120 až 300 mm. Řezná kapalina je u tohoto typu vrtáků přiváděna mezerou mezi stěnou vrtané díry a trubicí vrtáku a spolu se vznikající třískou odváděna středem trubky. Proto musí být tlaková hlava pro přívod řezné kapaliny utěsněna z obou stran, těsnění se nachází i na čelní ploše obrobku, kde vrták vstupuje do obráběného materiálu. [18] [19]



Obr.12. BTA vrtací hlava

2 TECHNOLOGIE ZÁVITOVÁNÍ

2.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Závity představují významné konstrukčně - technologické prvky řady součástí, které plní různé spojovací nebo pohybové funkce ve strojírenských výrobcích. Přesnost a jakost závitů má přitom často rozhodující vliv na správnou a spolehlivou funkci výrobku. Závity se řezou pomocí závitníků, závitových čelistí a závitových hlav, obrábějí se soustružením a frézováním, přesné závity jsou broušeny nebo lapovány. Z technologického hlediska lze výrobu závitů rozdělit obrábění vnějších a vnitřních závitů.

Parametry závitu

Jmenovitý průměr -vnější průměr závitu, měří se u šroubů přes vrcholy závitů

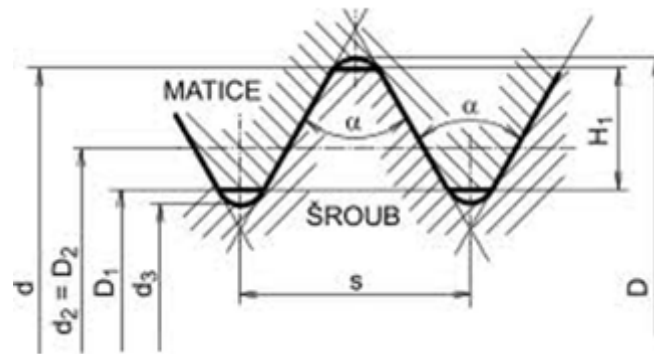
Malý průměr závitu –měří se přes dno závitové drážky

Střední průměr závitu –je vzdálenost středních os profilu (cca uprostřed mezi jmenovitým a malým průměrem). Při výrobě závitů se měří střední průměr závitu pomocí měřicího kalibru nebo mikrometru.

Stoupání –je výška rozvinuté dráhy šroubování paralelně k ose šroubování. U metrických závitů je to dráha, která se urazí během jedné otáčky, také vzdálenost mezi dvěma vrcholy závitu v mm.

U palcových závitů naproti tomu označuje hodnota stoupání počet průchodů závitu na úsek 1 palec.

Rozteč –je u několikachodých závitů vzdálenost mezi dvěma závitovými rýhami [3]



Obr.13. Profil metrického závitu

2.2 Rozdělení závitů

Závity se dají dělit z několika hledisek, jež jsou pro ně specifické a jsou vyžadovány pro danou funkci.

Dle polohy profilu: -vnější (šrouby)

-vnitřní (matice)

Dle hloubky: -průchozí

-neprůchozí

Dle smyslu vinutí: -pravé (bez označení na výkrese)

-levé (označují se LH left hand)

Dle počtu chodů: -jednochodé

-vícechodé

Dle profilu: -metrický

-trubkový

-whitworthův

-pancéřový

2.3 Způsoby výroby závitů

2.3.1 Řezání závitů

Je nejnámější a nejrozšířenější metodou výroby vnitřních závitů pomocí řezacích závitníků a to buď ručně nebo na různých druzích obráběcích strojů. Nejméně problematický je řezání průchozího závitu. Ten umožňuje používat nástroje s dlouhým náběhem a odpovídající malou tloušťkou odřezávané vrstvy. Třísky mohou být odváděny ve směru vrtání. Závit ve slepém otvoru přináší další potíže, protože třísky nemohou odcházet ven ve směru vrtání, ale musí být odváděny zpět ve vhodné drážce. Přitom navíc brání průtoku chladicí kapaliny. Podle toho rozlišujeme řezací závitníky pro průchozí nebo slepé otvory. [3] [6]



Obr. 14. Točený závitník do slepých otvorů

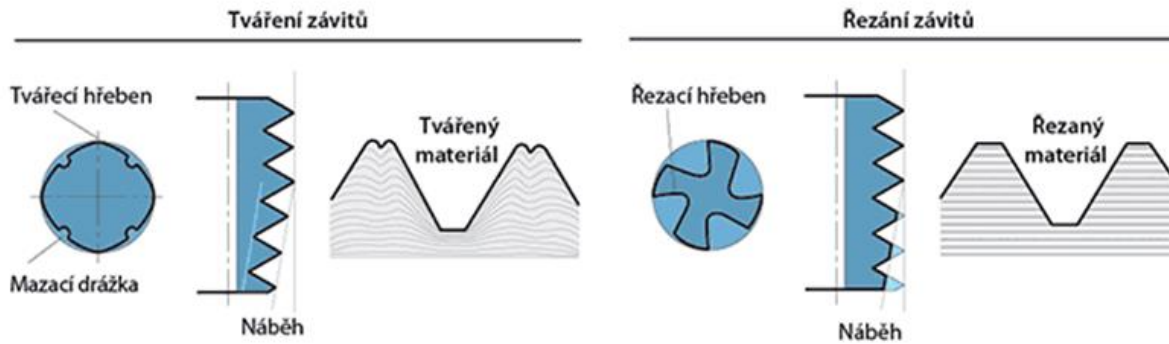


Obr.15. Závitník do průchozích otvorů

2.3.2 Tváření závitů

Spolehlivou a bezpečnou technologií pro výrobu vnitřních závitů je jejich tváření za studena. Téměř všechny tažné materiály mohou být s úspěchem tvářeny. Hloubka závitu u tváření není limitována problémy s odvodem třísky, jako u řezání závitů řezacími závitníky. Jde tedy o metodu beztržkové výroby závitů a tudíž není potřeba rozlišovat slepé a prů-

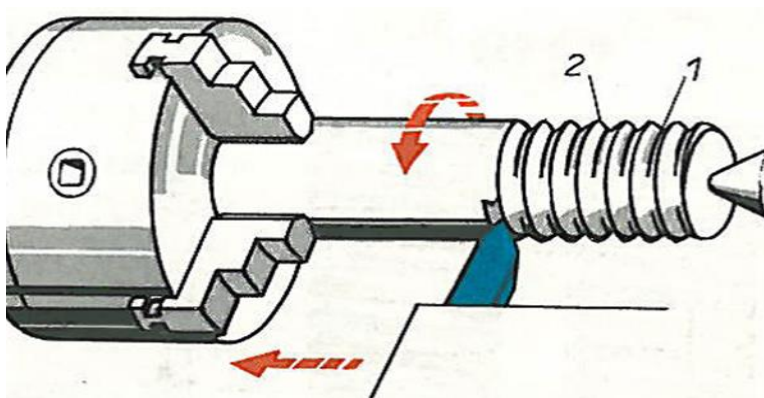
chozí závity. Snížení nákladů díky dlouhé životnosti nástroje a vyšších řezných rychlostech. Nároky na přesnost předvrtaného otvoru pod závit jsou větší. [3] [6]



Obr. 16. Rozdíl mezi řezaným a tvářeným závitem

2.3.3 Soustružení závitů

Při soustružení závitů se používají většinou nástroje se závitovými břitovými destičkami. Profil destičky odpovídá tvaru závitu. Posuv musí být zvolen podle stoupání závitu. Soustružení závitu se děje v závislosti na typu závitu, stoupání a druhu nástroje ve více průchodech. Závity se soustruží na univerzálních, revolverových, poloautomatických, automatických a různých speciálních soustružnických strojích. [13]



Obr. 17. Schéma soustružení závitů nožem

2.3.4 Frézování závitů

Frézování závitu je velmi univerzální metoda výroby vnitřních i vnějších závitů. Díky stále více používané technologii CNC řízení obráběcích strojů, je možné využít výhod moderních závitových fréz a to při výrobě vnitřních i vnějších závitů téměř všech světových norm.

Na moderních CNC strojích je možné pomocí 3D interpolace provádět velmi jednoduše frézování závitů, a to s vysokou bezpečností celého procesu. Jedinou podmínkou je stabilní a tuhý stroj s dobře upnutým obrobkem a nástrojem bez větších vybrací a vnitřním přívodem chladicí kapaliny.

Frézování závitů je díky mnohostrannému použití doporučenou alternativou výroby závitů vůči řezání či tváření, a to s následujícími výhodami:

- krátké výrobní časy
- vysoká bezpečnost procesu
- velmi dobrá kvalita povrchu závitu
- možnost kombinace jednotlivých operací do jednoho nástroje
- výroba slepého i průchozího závitu jedním nástrojem
- žádné problémy s třískou, neboť vzniká vždy jen krátká tříska
- možnost výroby závitů až do dna otvoru
- univerzální použití pro všechny obrobitelné materiály, až do 60 HRC
- nízké řezné síly
- vhodné také pro tenkostěnné obrobky



Obr. 18. Různé typy fréz pro frézování závitů

3 VRTACÍ A VYVRTÁVACÍ STROJE

K vrtání, vyhrubování, vystružování a zahlubování používáme především vrtačky. Hlavní pohyb a posuv koná vřetenem s nástrojem.

Rozdělení vrtaček dle konstrukce:

- stolní
- sloupové
- stojanové
- otočné
- speciální

3.1 Stolní vrtačky

Jsou nejjednodušší vrtačky a slouží pro vrtání malých otvorů do $\varnothing 20\text{mm}$ na malých obrobcích. Změny otáček vřetenem se u nich dosahují stupňovou řemenicí. Posuv vřetenem je ruční. Vyrábějí se jednovřetenové nebo řadové. U řadových je 2-6 vrtaček upevněno vedle sebe na společném stole. [13] [6]



Obr. 19. Řadová stolní vrtačka

3.2 Sloupové vrtačky

Jsou to větší vrtačky než stolní. Vřeteník i pracovní stůl jsou posuvné po sloupu. Posuv je mechanický. Vyrábějí se do vrtacího průměru 40mm. [6]



Obr. 20. Sloupová vrtačka

3.3 Stojanové vrtačky

Ještě většími typy jsou vrtačky stojanové. Jejich vřeteník i pracovní stůl se posouvají po vedení stojanu skříňovitého průřezu. Místo sloupu mají stojan. Vyrábějí se až do vrtacího průměru 60mm. Mají vyšší tuhost a výkonost než sloupové vrtačky a používají se k vrtání větších a těžších obrobků. [6]



Obr.21. Stojanová vrtačka

3.4 Otočné vrtačky-radiální

Jsou nejrozšířenější vrtací stroje. Jejich charakteristickou částí je rameno, na němž se po vedení pohybuje vřeteník. Rameno se u některých otočných vrtaček pohybuje svisle po vedení stojanu, který je otočně uložen na vnitřním sloupu, u jiných konstrukcí je vedeno na přesně broušeném válci.

Otočné vrtačky se vyrábějí ve velikostech VR2, VR4, VR6, VR8, VR10 (pro vrtání maximálních průměrů 20, 40, 63, 80, 100mm). [6]



Obr. 22. Radiální vrtačka VR4

3.5 Speciální vrtačky

3.5.1 Montážní vrtačky

Jedná se o zvláštní typ otočných vrtaček. Montážní vrtačky se používají k vrtání a řezání závitů rozměrných a těžkých těles strojů a zařízení. Stroj je přenosný a využívá se v montážních dílnách.

3.5.2 Souřadnicové vrtačky

Slouží pro vrtání více děr přesných rozměrů a roztečí. Tyto stroje umožňují vrtání děr a přesností rozměrů IT2 až IT5; přesnost roztečí je až 0,002mm. Jsou to stroje velké tuhosti. [6]

3.5.3 Vrtačky s revolverovou hlavou

Vrtačky s revolverovou hlavou jsou určeny k obrábění otvorů postupně několika nástroji. Vřetena umístěna hvězdicově v revolverové hlavě jsou poháněna kuželovým soukolím. Pro každé vřeteno lze nezávisle nastavit otáčky. Nepracující vřetena se neotáčejí. Jsou řízeny NC či CNC systémy. [6]

3.6 Stroje pro vyvrtávání

Jsou univerzální obráběcí stroje na rozšiřování a přesné obrábění válcových otvorů ve velkých a často nepravidelných obrocích. Dají se zde provádět vrtací, vyvrtávací i frézovací operace. Stroje se dají doplnit celou řadou přídatných zařízení, což umožňuje realizaci mnoha různých obráběcích operací. [6]



Obr. 23. Vodorovná vyvrtávačka WHN13

3.6.1 Stolová vyvrtávačka

Na pevném stojanu má výškově přestavitelný vřeteník pro upínání nástrojů. Obrobky se upínají na pracovní stůl, který je podélně a příčně posuvný i otočný kolem své svislé osy. Proti vřeteníku může být přesuvný pomocný stojan s otočným ložiskem, což umožňuje podepření a vedení dlouhých vyvrtávacích tyčí. [6]

3.6.2 Desková vyvrtávačka

Má posuvný stojan, po kterém se pohybuje svisle přestavitelný vřeteník. Stroj nemá pracovní stůl a obrobky se upínají přímo na základovou desku, takže nevykonávají žádný pohyb, Slouží pro obrábění velkých obrobků. [6]

3.6.3 Jemná vyvrtávačka

Má jeden nebo více vřeteníků upevněných na loži. Obrobek se upíná na pracovní stůl, který vykonává posuvný přímočarý pohyb. Používá se krátkých tuhých nástrojů, vyvrtávacích tyčí. [6]

4 ELEKTRICKÉ STROJE

Elektrický stroj je zařízení na přeměnu elektrické energie elektromagnetickou indukcí. Mechanickou energii na energii elektrickou přeměňují generátory, elektrické točivé stroje pracují na základě elektromagnetické indukce. Mohou být synchronní, asynchronní nebo stejnosměrné (dynama).

Synchronní stroje jsou dodnes nejdůležitějšími elektrickými stroji pro výrobu elektrické energie. Tyto synchronní generátory nazývané také alternátory jsou nejčastěji trojfázové. Generátory, které jsou v elektrárnách poháněny parními nebo plynovými turbínami při rychlosti otáčení 3000 min^{-1} a nazývají se turboalternátory, nebo jsou-li poháněny vodními turbínami při rychlosti obvykle podstatně nižší nazývají se hydroalternátory.

Základními částmi jsou nepohyblivý stator a v ložiscích se otáčející rotor (hřídel). Na statoru je třífázové vinutí a na rotoru pak tzv. budící vinutí. Turbína nebo jiný pohon otáčí rotorem a v jeho budícím vinutí prochází stejnosměrný proud, přičemž vzniká otáčivé magnetické pole, které v trojfázovém vinutí statoru vyvolá (indukuje) točivé magnetické pole, střídavé napětí. Druhé točivé magnetické pole vyvolá střídavý proud, který začne procházet trojfázovým vinutím statoru při připojení alternátoru ke spotřebiči. Stroj se nazývá synchronní, protože se obě točivá magnetická pole (myšleno rotor a točivé magnetické pole statoru) otáčejí stejnými otáčkami (synchronně).

Generátor, který vyrábí střídavý proud, se nazývá alternátor. Generátor na výrobu stejnosměrného proudu, se nazývá dynamo.

Podle provedení rotoru se rozlišují dva základní typy synchronních strojů a sice stroje s *vyniklými póly* a stroje s *hladkým rotorem*.

U hydroalternátoru se používá častěji rotor s vyniklými póly. Má velký průměr a malou délku, protože se jedná většinou o pomaluběžné stroje. Stroje s vyniklými póly mají na magnetovém kole pro každý magnetový pól zvláštní železné jádro s pólovým nástavcem a navlečenou cívkou. Vyniklé póly mají téměř všechny stroje s počtem pólů čtyři a více. Póly stejnosměrných strojů se skládají z pólového jádra a z pólových nástavců. Póly mohou být buď plné (masivní), např. lité nebo kované, nebo s listěnými nástavci a plným jádrem, nebo celé listěné. S ohledem na pulsační a jiné ztráty na povrchu pólů se dává přednost u synchronních strojů s otevřenými statorovými drážkami listěným pólovým nástavcům nebo celým listěným pólům, kdy jádro pólu s pólovým nástavcem tvoří jeden celek. Dosedací plochy pólů na hřídeli (rotoru) jsou obvykle oblé, proto je také zaobleno jádro pólu. Pólové

nástavce se v takových případech zhotovují z dynamových plechů, nebo z nemořené ocelového plechu tloušťky 1 až 2 mm. Tvar pólu složený z plechů, které se nejčastěji lisují na lisovacích (stříhacích) linkách, se stlačí pod lisem tlakem a stáhne se buď roznýtovanými svorníky, nebo svorníky přivařenými ke krajním stahovacím deskám. Nýty nebo svorníky mají být rozloženy po průřezu pólu tak, aby nebránily průchodu magnetického pole a dimenzovány tak, aby pružně přenášely tlak od lisování. Stahovací desky, v nichž jsou zapuštěny hlavy nýtů, nebo zavařené konce svorníků, se vypalují z tlustého plechu. Póly synchronních strojů se otáčejí s rotorem a jsou namáhány vlastní odstředivou silou a navíc odstředivou silou od vinutí. Proto je nutné, aby namáhání všech nebezpečných průřezů zůstalo i při otáčivé rychlosti předepsané pro zkoušku mechanického namáhání v přípustných mezích.

Póly se připevňují ke jhu rotoru (hřídeli) buď zevnitř šrouby, nebo jednou či několika rybnami. Šrouby musí být dimenzovány nejen na tíhu pólu a na něm umístěného vinutí, ale také na sílu vypočítanou z točivého momentu stroje. Závity pro připevnění pólů šrouby nemohou být obvykle vyříznuty přímo ve svazku plechů, jak se to může dělat u nehybných pólů stejnosměrných strojů. Listěným pólem proto obvykle prochází v celé jeho délce „traverza“ obvykle z konstrukční oceli do níž se závity zhotovují. U šroubových spojení je nutné přísně dbát na to, aby šrouby byly namáhány pouze tahem a nebyly současně ohýbány. To platí zejména pro připevnění jedním šroubem nebo řadou šroubů s osami v rovině, která prochází rotační osou stroje. [16] [17]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 STANOVENÍ CÍLŮ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Dnešní svět si asi umíme jen těžko představit bez energií. Mezi nejvýznamnější energie patří elektrický proud, neboť se vyskytuje téměř při každé lidské činnosti. Elektrický proud je nejdůležitější energií současné doby. V energetickém odvětví lze obecně rozdělit elektrické stroje na motory, které mění elektrickou energii v mechanickou a na generátory, které mění mechanickou energii na elektrickou. Cílem každého výrobce je mít co nejefektivnější proces výroby. S tím souvisí i snaha o co nejmenší náklady na výrobu za předpokladu udržení požadované kvality.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout produktivnější a bezpečnější technologii obrábění vyniklých pólů na stroji WHN13. Tento návrh předpokládá snížení celkových nákladů na obrábění a výrobu vyniklých pólů rotorů elektrických strojů. Snížování těchto nákladů ovlivňuje konkurence schopnost prodeje těchto elektrických strojů.

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI TES VSETÍN, A.S.

6.1 Historie společnosti TES VSETÍN, a.s.

V roce 1919 založil Josef Sousedík Elektrotechnickou továrnu, jež se stala předchůdcem dnešní společnosti TES VSETÍN, a.s. Josef Sousedík byl nejen významný podnikatel, ale především také vynálezce. Na jeho jméno je dodnes přihlášeno 54 patentů v oborech elektrických přístrojů, pohonů, elektrické trakce i automatické regulace. Mezi jeho nejznámější patří unikátní elektromechanický přenos výkonu, který sestrojil pro vůz M290 známý jako „Slovenská strela“. Bohužel mnoho svých nápadů a nových myšlenek nestihl realizovat, protože jako velký vlastenec a hrdý Čech byl za války zapojen do protinacistického odboje. Při jednom z mnoha výslechů na gestapu byl po potyčce zastřelen. Tehdejší výrobní program tvořily především asynchronní motory.

Po roce 1945 dochází k rychlému rozvoji firmy pod značkou MEZ Vsetín. Výrobní program byl rozšířen o komutátorové motory a zkušební stanoviště pro měření výkonu a otáček, později i o kompletní pohony se stejnosměrnými motory. Podnik byl v té době orientován na trhy RVHP a patřil k nejvýznamnějším českým exportérům.

Po roce 1989 byl tradiční výrobní sortiment stejnosměrných motorů doplněn o synchronní a asynchronní generátory, asynchronní motory pro těžký průmysl a velké stroje s permanentními magnety.

V r. 1995 dochází k privatizaci firmy MEZ Vsetín společností TES VSETÍN a v r. 2008 se majoritním vlastníkem stává česko-slovenská investiční společnost PENTA INVESTMENTS LIMITED. K 1. 8. 2009 se mění právní forma společnosti na TES VSETÍN, a.s.

Díky technickému vývoji a výrobnímu potenciálu podloženému dlouhou tradicí si společnost udržuje významné odběratele na trzích v Německu, Švýcarsku, Francii, Nizozemsku, Rakousku, Itálii, Švédsku, Slovensku, Polsku, USA, Rusku či Thajsku, přičemž export činí každoročně 65 % z celkových tržeb.

6.2 Výrobní program společnosti TES VSETÍN, a.s.

TES VSETÍN a.s., vyvíjí, vyrábí a dodává do celého světa tyto produkty:

- Asynchronní generátory pro MVE 100 – 1500 kW (řada GAK)
- Synchronní generátory pro MVE 100 – 15 000 kVA (řada GSH)
- Synchronní generátory pro všeobecné použití 200 – 5 000 kVA (řada GSV)
- Asynchronní hutní motory 50 – 1500 kW (řada MAK)
- Stejnoseměrné hutní motory 20 – 550 kW (řada SH)
- Stejnoseměrné motory pro všeobecné použití 3 – 1000 kW (řada S)
- Motory a generátory s permanentními magnety do 3 000 kW (řada MSP)
- Indukční regulátory napětí do 1440 kVA (řada NT)
- Kooperační výrobky
- Plechy pro elektrické stroje
- Pakety rotoru a statoru
- Svařence
- Obrobky
- Elektrotechnologie – cívky, navíjení, impregnaci, montáž, zkoušení

6.3 Představení obrobny společnosti TES VSETÍN, a.s.

Celá společnost Tes Vsetín s.r.o. (dále jen Tes) čítá asi 700 zaměstnanců. Celou firmu lze rozdělit do čtyř provozů:

Lisovna a nástrojárna (lisování rotorových a statorových plechů do Ø2000mm)

Svařovna (svařování, tryskání svařenců až do délky 4000mm)

Parketárna a montáž (montování+pakotování vlastních strojů)

Obrobna (frézování, soustružení, broušení až do rozm. 4000mm)

Provoz obrobny je největším provozem firmy a čítá okolo 150 zaměstnanců.

Zde se provádí obráběcí operace na soustruzích, karuselech nebo vyvrtávacích centrech. Nejčastěji obráběným materiálem je běžná svařitelná ocel třídy 11. Výroba je zaměřena spíše na kusovou či malosériovou výrobu, což vyžaduje větší prostor k improvizaci při navrhování výrobní technologie.

Provoz obrobny je dále rozdělen do tří úseků:

1.Obrábění hřídelí (soustružení, broušení hřídelí až do délky 4000mm a oběžného průměru 750mm)

Stroje: SPT 32 NC, SPT 16 NC, SU 100, SU 63, Bruska BUT 63, BHU 40, a další

2.Obrábění malých dílců (soustružení a frézování menších jednodušších součástí)

Stroje: SV 18, SU 50, Frézky FV32, FA4H, FGSH 50, Obrázečka ST 350, a další

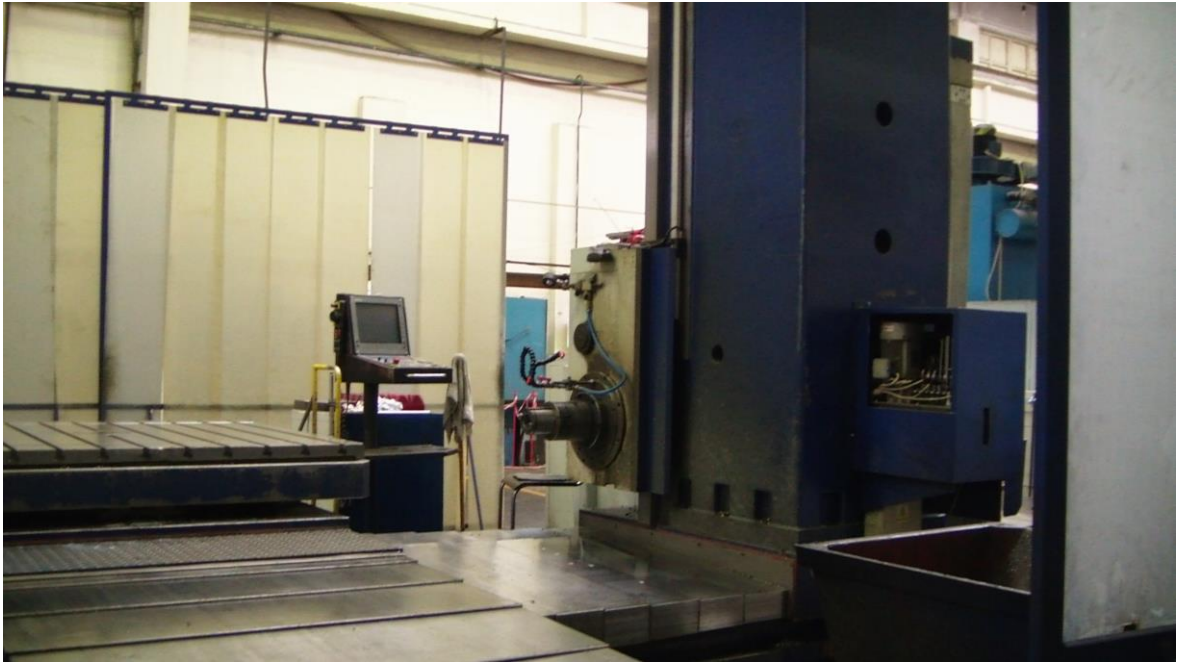
3.Obrábění velkých dílů (soustružení na karuselech až do oběžného průměru 3800mm, obrábění nerotačních součástí až do délky 4000mm)

Stroje: Karusely: SK 10-12, SKIQ 12 CNC, SKIQ 20 CNC, SKJ 32 CNC, SKD 32,

Horizontky: WHQ 13 CNC, WHN 11 NC, WHN 10 CNC, WFQ 80 CNC

6.4 Představení pracoviště WHN 13 CNC

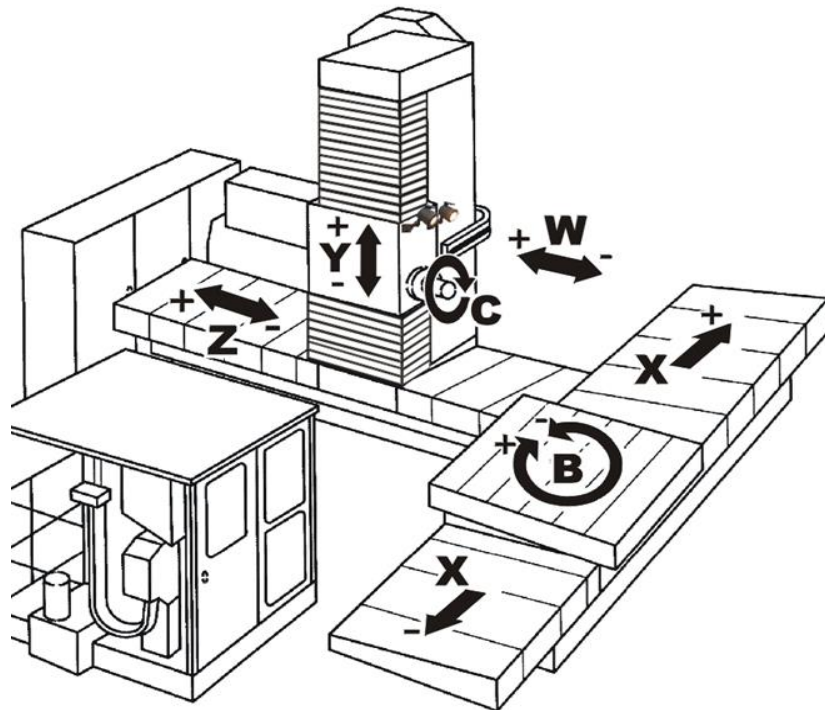
WHN 13 CNC je univerzální stroj pro přesné frézování, souřadnicové vrtání, přesné vyvrtávání a řezání závitů skříňovitých, deskových a tvarově složitých obrobků o hmotnosti až 12000 kg. Stroj je možno doplnit celou řadou přídatných technologických zařízení, např. úhlové frézovací hlavy, zrychlovací hlavy a pod., které značně rozšiřují technologické možnosti stroje. Stroj je vybaven souvislým řídicím systémem Heidenhain TNC 426, což sice není úplně nejnovější verze systému, ale plně dostačuje k našim výrobním účelům.



Obr. 24 Sledované pracoviště WHN 13 CNC

Základní parametry stroje WHN 13	
Rozjezd v ose X	3800 mm
Rozjezd v ose Y	2500 mm
Rozjezd v ose Z	1400 mm
Vysunutí vřetena	600 mm
Rozměry stolu	1600mm x 1800mm
Nosnost stolu	12 tun
Maximální otáčky	1050 min ⁻¹
Vnitřní chlazení	NE
Automatická výměna	NE
Rychloposuv stroje	5000 mm.min ⁻¹

Tab. 1. Základní technické parametry stroje WHN 13 CNC



Obr. 25. Hlavní pracovní pohyby stroje WHN 13 CNC

Hlavní pracovní pohyby stroje WHN 13 CNC:

- pojezd saní otočného stolu po příčném loži v ose X
- pojezd saní stojanu po podélném loži osa Z
- svislý pojezd vřeteníku po stojanu osa Y
- výsuv vřetena W
- otáčení stolu o 360° a jeho přesné polohování B
- otáčky pracovního vřetena C

7 POUŽITÉ MATERIÁLY VYNIKLÝCH PÓLŮ

Ve společnosti TES s.r.o. vyrábíme mnoho druhů elektrických točivých strojů, u nichž vždy hraje důležitou roli magnetický obvod. Ten může být střídavý či stejnosměrný. U střídavých magnetických obvodů se vždy používají jednotlivě navzájem elektricky odizolované plechy s dobrými magnetickými vlastnostmi. Těchto ideálních vlastností se dosahuje u tzv. křemíkové oceli, která se vyrábí především pro elektrotechnický průmysl. Křemík, který je přidán do nízkouhlíkové oceli způsobí výrazné zvýšení elektrického odporu materiálu a také zvýšení permeability. Toto zvýšení rezistivity oceli znamená především potlačení ztrát vířivými proudy a tudíž snížení celkových nežádoucích střídavých magnetických ztrát. Největší rezistivitu má křemíková ocel při obsahu 11 % Si. Tato ocel je však velice křehká a tvrdá a je pro výrobu nepoužitelná. Ve společnosti TES s.r.o. používáme plechy s obsahem Si 0,5÷4,7 %.

K výrobě kooperačních listěných pólů se používají zákazníkem požadované plechy s označením DC 01. Chemické složení tohoto materiálu neobsahuje křemík. Nejde o nestandardní materiál, ale spíše o klasickou ocel třídy 11. Dala by se přirovnat k materiálu 11321.

Jedná se o plechy válcované za studena z nízkouhlíkových nelegovaných ocelí, tažných jakostí, vhodných pro tváření za studena a na výrobky, kterých povrch může být upraven lakováním, pokovením a smaltováním. Je dobře obrobitelná.

Jádro pólu je vyráběno z kulatiny o průměru 100mm, v přesnosti h9, a je nosnou páteří celého pólu. Kulatina je řezána na požadovaný rozměr a prochází celou délkou pólu. Závitky pro upevňovací šrouby pólu k rotoru jsou zhotoveny právě do této tyče. Tyče jsou z materiálu, který se prodává pod označením S355J2+SL. Jde o nelegovanou jakostní konstrukční ocel tvářenou za tepla s pevností v tahu 470-630 MPa. Vhodná ke svařování všemi obvykle používanými způsoby. Dodatek k normě „SL“ znamená, že jde o broušený materiál. Broušení se provádí kvůli lesklému povrchu polotovaru, ale především pro odstranění povrchových vad materiálu.

Krajní stahovací desky pólu, k nimž je oboustranně přivařena kulatina (tyč Ø100mm) . jsou z materiálu S355J2+N a jde tedy o totožný materiál z jakého je jádro. Jen s tím rozdílem, že je normalizačně žihán. Zde je nejdůležitějším požadavkem vynikající svařitelnost.

Celou horní částí pólu jsou provlečeny měděné tyče o průměru 12mm. Jde o 9 kusů tyčí, které jsou na obou koncích roznýtovány speciálními pneumatickými nýtovacími kladivy. Tyto tyče stahují celý listěný pól v jeho horní oblé části a mají elektromagnetickou-zkratovací funkci v této části stroje. Měděné tyče jsou vyrobeny z tvářeného materiálu. Měď má označení Cu-OF a jsou to takzvané bezkyslíkaté mědi. Vyrábí se v bezkyslíkatém prostředí bez použití odkysličovadel a mají vysokou konduktivitu. Tyto mědi smějí být tepelně zpracovány, svařovány nebo pájeny bez nutnosti zvláštního opatření k zamezení vodíkové křehkosti.

8 CHARAKTERISTIKA SOUČASNÉHO STAVU

8.1 Předmět racionalizace

Předmětem racionalizace je dílec zvaný vyniklý pól vyráběný pro nejmenovaného zákazníka ve větších výrobních dávkách. Součástí se vyrábí kompletně včetně lisování jednotlivých plechů. Ty se stříhají na lisovací lince LKD 400 z plechu o síle 2mm. Tyto tvarové výlisky se dále skládají do speciálně navrženého paketovacího přípravku mezi krajní stahovací desky. Lisovací silou 800kN se stlačí. Tím se odstraní (zatláčí) ostříny vzniklé lisováním jednotlivých plechů na lisovací lince. Poté je lisovací síla uvolněna na 400kN. Toto je konečná síla při které je pól svařen. Celým pólem jsou poté prostrčeny dvě kulatiny o průměru 30mm a jedna středová o průměru 100mm. Celý takto sestavený pól je sestehován svary na obou koncích.

Následuje převoz k dalšímu pracovišti. Zde se provádí kompletní zavaření součásti na speciálním otočném přípravku (polohovacím stole). Další operací je roznýtování měděných tyčí na obou jejich koncích. Tyče o průměru 12mm se protáhnou skrz celý pól a na obou koncích se roznýtují či roztemňují pneumatickými kladivy. Tuto operaci provádí vždy dva pracovníci současně. Proti sobě nýtují jednotlivé tyče. Měděné tyče musí být před samotným temováním nahřáty plamenem a tím i vyžihány. Měď je přitom měkčí a tvárnější. Takhle sestavený a svařený pól po přeměření odchází k další operaci. Na provoz obrobny.



Obr. 26. Póly připravené k obrábění na provozu obrobny

Předmětem mé racionalizace bude zproduktivnění obrábění vyniklého pólu od původní navržené technologie. Ta byla původně navržena pouze pro výrobu vzorků 8 kusů. Mým úkolem je nyní stanovit novou produktivní technologii pro výrobu až 450 kusů ročně.

Do pólů je dle výkresu (příloha I.) vyvrtáno 6 otvorů Ø43mm do hloubky 160mm. V každém otvoru je vyfrézován závit M48 v délce 140mm. Technologie řezání závitů závitníkem byla předem vyloučena pro její větší rizikovost v oblasti kvality závitů. Tyto závity jsou frézovány pouze do plného materiálu středového jádra pólu, nikoli do nehomogenní struktury jednotlivých lisovaných plechů. V každém otvoru je též zahlobení Ø50mm v délce 60mm.

8.2 Původně navržená technologie výroby

Při návrhu původní technologie obrábění pólů byl kladen důraz především na bezchybnou vyrobiteľnost a maximální dodržení všech požadavků zákazníka. Mnohem menší prostor byl věnován vhodnému výběru nástrojů, maximálnímu využití potenciálu stroje a možnosti tuto technologii aplikovat na sériovou výrobu. Původní technologie byla stanovena pouze pro výrobu několika málo kusů vzorků. Mým úkolem bude tuto technologii zproduktivnit a celý proces zabezpečit tak, aby dodržení všech požadavků zákazníka zůstalo zachováno.

V původní technologii byl kus položen na dílenské kostky a v zadní části byl doražen na pomocné podložky, které byly vsunuty do drážek stolu. Takto posazený kus byl poté připnut dvěma úpinkami v horní části a stažen ke stolu. Poté následuje chycení nulových bodů operátorem stroje.

Po zapsání těchto hodnot následuje navrtání všech šesti otvorů navrtávkem Ø20. Po navrtání jsou otvory pod závit ještě předvrtány vrtákem Ø20. Toto vrtání je velmi zdouhavé, protože jde o nástroj z HSS oceli a nedovoluje vyšší řezné rychlosti. Nástroj je chlazen pouze vnějším přívodem řezné kapaliny a musí být proto naprogramován s pravidelnými výjezdy pro ochlazení a odvod špon z místa řezu. Následuje vrták Ø43, který převrtává otvor Ø20 na otvor pod závit a je naprogramován stejným vrtacím cyklem jako předchozí nástroj. Před samotným frézováním závitů jsou ještě otvory zahlobeny na Ø50 do hloubky

60mm. Toto zahloubení plní funkci odlehčení pro montážní šrouby. Nástrojem je středový vrták s vodícím čípkem. Nástroj je upraven (vybroušen) z klasického vrtáku Ø50 z HSS oceli. Dalším nástrojem, který následuje je kuželový záhlubník 90° Ø50 a sráží hranu pod budoucí závit M48x5. Stejný typ nástroje jen Ø80 pak sráží vnější hranu na zahloubení Ø50. Posledním nástrojem je cirkulární závitová fréza, která frézuje závity M48x5. Frézování tohoto závitu je naprogramováno na tři třísky.

Poté operátor provádí měření závitů závitovým kalibrem.

Pracovní úkony

1. Upínání: Položit kus na dílenské kostky, v zadní části kus dorazit na pomocné podložky, které jsou vsunuty do drážky stolu. Shora kus přichycen dvěma upinkami.

2. Navrtání: Navrtávák Ø20 -navrtává všechny otvory Ø43-6x

3. Předvrtání: Vrták Ø20 –předvrtá otvory do hloubky 161mm

4. Vrtání: Vrták Ø43 –vrtá otvory pod závit M48-6x

5. Zahloubení: Středový vrták Ø50/ Ø43 –zahloubí Ø43 na Ø50 do hloubky 60mm

6. Sražení hrany: Záhlubník 90° Ø50 –srazí hranu 2x45° uvnitř otvoru pro závit

7. Sražení hrany: Záhlubník 90° Ø80 –srazí hranu 3x45° z venku otvoru

8. Frézování závitu: Cirkulární fréza Ø40 –frézuje závit M48-6x

8.3 Nově navržená technologie výroby

Při návrhu nové, produktivnější a propracovanější technologie pro obrábění pólů, jsem vycházel z předpokládané roční produkce 450 kusů. Bylo mi předem jasné, že původní technologie navržená pouze pro výrobu několika kusů vzorků nebude příliš konkurence schopná a aplikovatelná pro sériovou výrobu. Především kvůli jejím dlouhým strojním časům jsem se zaměřil na výběr vhodných produktivnějších a progresivnějších nástrojů pro splnění cílů snížení nákladů.

Počítal jsem proto též s určitou počáteční finanční investicí do nákupu těchto nástrojů, případně výroby nějakých pomocných přípravků apod.

1. Upínání

Při upínání kusů bylo třeba zapracovat především na zjednodušení celého procesu. Na místo několika komponentů volně poskládaných na pracovním stole jsem navrhl upínací traverzu. Ta je volně položena na pracovní stůl. V její dolní straně jsou ve vyfrézovaných drážkách namontovány polohovací kameny (pera), které přesně zapadají do drážek pracovního stolu. Tím máme zaručenou vždy stejnou polohu a vyrovnaní traverzy.

Pro opěr kusu a jeho zajištění proti posunutí byly zhotoveny dva menší úhelníky ve tvaru písmene L. Tyto úhelníky jsou umístěny na obou koncích traverzy a upnuty upínacími šrouby M20 do drážky stolu.

Při vrtání vzorků pólů, se u některých kusů, projevila nedostatečná přítlačná paketovací síla. Vlivem vrtání se některé listy (plechy) v oblasti blízkosti otvorů vysouvaly až o několik desetin milimetru v kolmém směru. Vzhledem k požadované kvalitě zákazníka se toto nedalo tolerovat. Původní připnutí celého kusu pouze úpinky s kruhovou podložkou se proto jevilo jako nedostatečné. Problémy jsem vyřešil připnutím přítlačné traverzy shora pólu, která fixuje kus po celé jeho délce. Celý kus teď tvoří velmi pevný celek a je možno ho bez větších problémů obrábět. (viz příloha III.)



Obr. 27. Nový upínací přípravek 45547 SPF připraven pro upnutí pólu



Obr. 28. Upnutý pól v novém přípravku 45455 SPF

2. Vrtání

Největší část času operace při obrábění pólu v původní technologii zaujímá právě vrtání. V dnešní době existuje celá řada možností jak a jakým nástrojem vrtat. Při původní technologii bylo vrtání otvoru $\varnothing 43$ pod závit prováděno hned třemi nástroji. (navrtávák $\varnothing 20$, vrták $\varnothing 20$, vrták $\varnothing 43$). Zabýval jsem se tedy myšlenkou tyto tři nástroje nahradit jedním. Tím je vrták $\varnothing 43$, protože průměr otvoru pod závit M48 je dán normou. Není samozřejmě problém takový nástroj pořídit, ale problém je vhodně a funkčně ho aplikovat pro náš stroj a obrobek.

Důležitým faktorem u vrtání hlubokých otvorů je dostatečné chlazení, mazání a plynulý odchod třísek z místa řezu. Stroj WHN13 CNC, na kterém operaci provádíme, je staršího data výroby a není vybaven funkcí chlazení osou nástroje (vřetenem). Pokud má být vrtací cyklus produktivní, tento zásadní nedostatek musel být odstraněn. Rozhodl jsem se pro řešení výroby vlastního upínacího držáku (viz příloha II.). Držák je vyroben z nakupovaného polotovaru SK 50 L=400 ČSN 220432. Chladicí emulze je pod co nej-

vyšším tlakem přiváděna hadicí z boku do tělesa upínacího držáku. Přes něj je pak přivedena do těla (osy) vrtáku a jeho vnitřními kanálky do místa řezu. Tímto máme zaručené tolik potřebné vnitřní chlazení a hlavně odvod třísek z místa řezu.



Obr. 29. Upínací weldon s vnitřním chlazením

Pro výběr vhodného vrtacího nástroje jsem kladl důraz na produktivitu nástroje spolu s dostatečnou trvanlivostí v řezu a kvalitou vrtaného otvoru. Vzhledem k množství vyráběných kusů, počtu otvorů a snadnou výměnou vrtacích destiček jsem se rozhodl použít vrták s vyměnitelnou břitovou destičkou.

Dle mých předchozích zkušeností a doporučení výrobců řezných nástrojů jsem volil typ vrtáku s vrtací špičkou (ostrým úhlem), nikoli dvouplátkové bez špičky. Tyto vrtáky s rovným čelem mají daleko větší odpor a vyžadují pevné a stabilní upnutí.

Při výpočtu rychlosti obrábění je třeba vzít v úvahu laminovaný tvar pólu. V takovém případě se parametry liší od těch používaných při obrábění pevných těles a rychlost řezání proto musí být snížena. U zkoušení vrtání pólu při vyšších řezných rychlostech docházelo ke vzniku nežádoucích mezer mezi jednotlivými lamelami a to až cca 1mm v podélném směru. Dále se projevovala nižší životnost břitových destiček, daná nehomegenitou vrtaného materiálu. Na základě zkoušek jsem stanovil maximální řeznou rychlost $v_c=30\text{m/min}$.

Výpočet parametrů: otáčky $n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_c} = \frac{30 \cdot 1000}{\pi \cdot 43} = 222 \text{ min}^{-1}$ (9)

$$\text{posuv za minutu } v_f = n \cdot z \cdot f_z = 222 \cdot 2 \cdot 0,15 = 66,6 \text{ mm/min} \quad (10)$$

Zkoušené vrtáky:**A:** Vrták Ø43 HT800 od firmy Gühring

Charakteristika: -tělo je niklováno

- obzvláště vysoká odolnost proti opotřebení
- optimalizovaný průřez drážky
- vysoká stabilita
- úhel špičky 140°
- hloubka vrtání 5D
- materiál destičky HSS
- povlak TiN

B: Vrták Ø43 Metcut od firmy Widia

Charakteristika: -vhodné pro obrábění s omezenou tuhostí

- hloubka vrtání 5D
- úhel špičky 132°
- vysoké úběry materiálů
- materiál destičky HSS
- povlak TiN

C: Vrták Ø43 Multiplex od firmy Hartner

Charakteristika: -vhodné pro obrábění s omezenou tuhostí

- tělo ze speciální tvrzené niklované oceli
- hloubka vrtání 5D
- úhel špičky 135°
- materiál destičky HSS
- povlak TiN

Výrobce	Cena v Kč
Guhring	11.558,-
Widia	10.549,-
Hartner	9.895,-

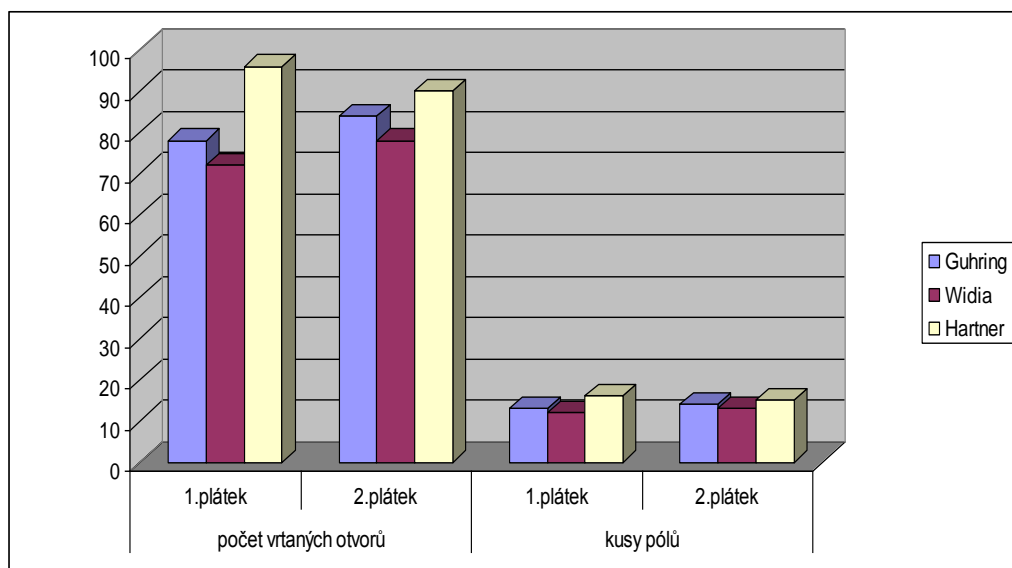
Tabulka č. 2. Porovnání cen zkoušených vrtáků

Při vrtací zkoušce bylo vrtáno jednotlivými vrtáky do jejich otupení. Celý proces se opakoval dvakrát. Na každém testovaném nástroji byly tedy zkoušeny dvě vyměnitelné břitové destičky stejné jakosti. Vždy byly nastaveny stejné řezné podmínky:

 $v_c = 30 \text{ m/min}$
 $n = 222 \text{ min}^{-1}$
 $f = 67 \text{ mm/min}$

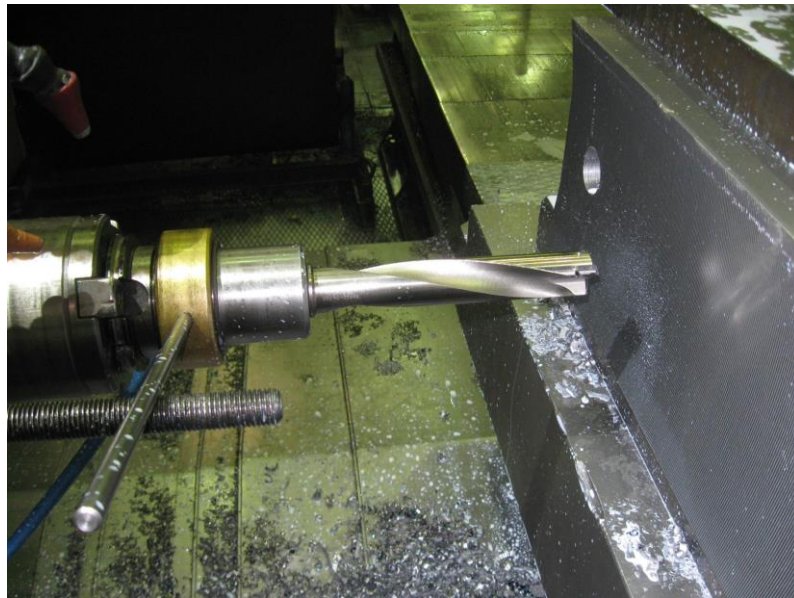
Výrobce	Počet vrtaných otvorů		Kusy pólů	
	1.plátek	2.plátek	1.plátek	2.plátek
Guhring	78	84	13	14
Widia	72	78	12	13
Hartner	96	90	16	15

Tabulka č. 3. Porovnání testů životnosti



Graf č.1 Testy životnosti

Do nově navržené technologie jsem tedy zvolil vrták Ø43 Multiplex od firmy Hartner při řezných parametrech $n = 222 \text{ min}^{-1}$ otáček a posuvu $f = 67 \text{ mm/min}$. Vrtání probíhá do plného materiálu (bez navrtání i předvrtání) a bez přerušování cyklu výjezdy či výplachy nástroje. Vrták je chlazen osou nástroje přímo v místě řezu a odvrtný materiál tak odplavován ven.



Obr. 30. Vrták Hartner při testech životnosti

3. Zahloubení Ø50

Pro zahloubení Ø50 byl původně použit středový vrták. Jde o princip záhlubníku s vodícím čípkem. Tento vodící čípek je nabroušen na průměr zahlubovaného otvoru. Tím zaručíme dostatečný opěr a vedení nástroje v otvoru. Materiál nástroje (HSS) neumožňuje nastavení příliš vysokých řezných podmínek.

Při návrhu produktivnějšího nástroje jsem vycházel z nutnosti změny řezného materiálu nástroje z HSS oceli na slinutý karbid. Vhodným řešením byla stavitelná vyvrtávací tyč s vyměnitelnými břitovými destičkami. U těchto nástrojů je řezná rychlost několikrát vyšší než u původního záhlubníku. Výhodou je také snadná výměna řezných destiček, velká univerzálnost a velmi široké použití nástroje.

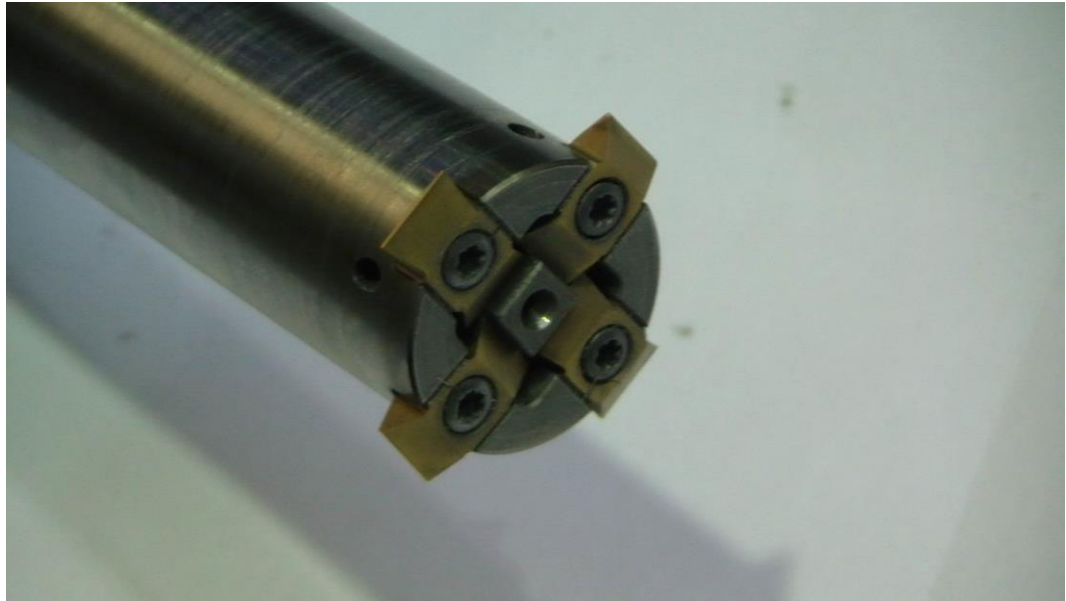


Obr. 31. Vyvrtačací tyč Ø50 pro zahloubení otvorů

4. Frézování závitů M48

Pro frézování závitů M48 byla použita cirkulární fréza. Jde o velmi univerzální nástroj pro frézování závitů různých stoupání a průměrů. Tvar břitové destičky má přesný tvar profilu závitů. Nástroj se pohybuje po spirále závitů kruhovou interpolací, tím dochází k vyfrézování přesné šroubovice závitů. Tento nástroj je pro tuto naši výrobu velmi vhodný. Protože vyráběný závit M48 má stoupání 5mm musel být celý frézovací cyklus rozepsán na tři hloubky ($i=3$).

Zabýval jsem se proto myšlenkou, pokusit se celý tento cyklus frézování zkrátit pouze na dvě třísky. Po vyzkoušení různých řezných podmínek i jiného typu frézovacích destiček se mě nepodařilo docílit požadované kvality povrchu závitů. Při frézování závitů na dvě třísky docházelo k mnohem většímu otupení břitových destiček. To je také dáno velkým vyložení frézovacího nástroje a velkým úběrem materiálu (5mm). Povrch závitů nebyl dostatečně hladký a kvalitní, proto nemohl být použit pro zákazníka. Tvar závitů se měří závitovým kalibrem (dobrá strana-zmetková strana). Do některých závitů frézovaných na dvě hloubky nešel tento kalibr ani našroubovat. Závit byl příliš těsný a proto nevyhovoval.



Obr. 32. Detail cirkulární frézy pro frézování závitů M48

5. Záhlubník Ø80

Pro sražení hrany $3 \times 45^\circ$ z čela otvoru byl původně použit kuželový záhlubník Ø80 ČSN 221625 z materiálu HSS. Tento nástroj jsem nahradil úhlovou frézou s vyměnitelnými destičkami ze slinutého karbidu. Proto také zde mohla být zvýšena řezná rychlost.



Obr.33. Fréza pro sražení vnější hrany $3 \times 45^\circ$

8.4 Vyhodnocení

Náklady

Cena upínacího přípravku 47971 SPO	15.200 Kč
Cena vrtáku Hartner včetně vrtací destičky.....	9.895 Kč
Cena držáku pro vnitřní chlazení.....	12.250 Kč
Výdaje celkem.....	37.345 Kč

Operace	Původní technol.	Původní čas	Nová technologie	Nový čas
Upínání	Pomocné kostky	16	Přípravek 47971. SPO	10
Navrtávák 90° ø20	ISO 10898 HSS	5,5	Nástroj odstraněn	0
Vrták ø20	ČSN 221140 HSS	26	Nástroj odstraněn	0
Vrták ø43	ČSN 221140 HSS	32	Nástroj nahrazen vrták ø43 HARTNER	19,2
Středový vrták ø50/ø43	ČSN 221140 HSS	16	Nástroj nahrazen vyvrtávací tyč ø50 SK	6
Kuželový záhlubník 90°	ČSN 221625 HSS	5	Nástroj ponechán	5
Kuželový záhlubník 90°	ČSN 221625 HSS	7	Nástroj nahrazen fréza 45°	2,5
Závitová fréza ø40	Cirkulární fréza ø 40	78	Nástroj ponechán	78
Čas celkem		185,5min		120,7min
Rozdíl			64,8min	

Tabulka č. 4. Porovnání původní technologie s nově navrženou

Obrábění dle původní technologie trvalo 185,5 minut. Nově navržená technologie časově vychází na 120,7 minuty. To je úspora 64,8 minut na jeden pól.

Úspora celkem: 64,8 minut * 450ks/ročně = **29160minut/rok**

Úspora v hodinách: 29160 minut : 60minut = **486 hodin**

Úspora v Kč: 486 hodin * 1050 Kč/h = **510.300 Kč - 37.345 Kč = 472.955 Kč**

Hodinová sazba práce v TES na stroji WHN 13 je 1050 Kč/hodinu.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout produktivnější a konkurence schopnou výrobní technologii pro obrábění rotorových pólů pro sériovou výrobu. Tento návrh předpokládá nejen zvýšení produktivity, ale také zajištění bezpečného a vysoce stabilního výrobního procesu v oblasti kvality výroby.

V teoretické části jsem obecně představil technologii vrtání a závitování včetně jejich možností. Zaměřil jsem se také na přehled různých typů nástrojů, které jsou dnes běžně na trhu. Krátce jsem shrnul a objasnil některé pojmy z oblasti výroby elektromotorů, generátorů a strojů s vyniklými póly.

V praktické části mé práce jsem provedl analýzu:

- současného stavu obrobny v Tes;
- obráběného materiálu;
- původně navržené a odzkoušené technologie pro výrobu několika kusů vzorků;
- původně navržených nástrojů;

Poslední kapitola mé bakalářské práce se věnuje návrhům na zlepšení. Zaměřil jsem se na celý proces a na rozbor všech použitých nástrojů, včetně upínání kusů a odstranění dosud známých problémů vzniklých při výrobě.

Navrhl jsem nový, rychlejší a kvalitnější způsob upínání a to zavedením relativně jednoduchého upínacího přípravku. Dále jsem vyřešil důležitou věc při vrtání hlubokých otvorů a sice chlazení středem nástroje a to u stroje, který není touto funkcí vybaven. Nechal jsem zhotovit speciální držák nástrojů s venkovním přívodem kapaliny, přes který chladicí emulze vstupuje do těla nástroje a chladí jeho osou přesně v místě řezu. Díky této změně ve způsobu chlazení jsem mohl navrhnout a použít nové produktivnější nástroje. S nimi jsem provedl testy životnosti. Vyzkoušel jsem tři vytipované vrtáky s vyměnitelnou břítovou destičkou. Při stejných technologických podmínkách jsem vybral nástroj s nejdelší životností. Dle výsledků testů a příznivé ceny jsem vybral vrták Multiplex od firmy Hartner. Nástroje pro zahlubování otvorů z materiálu HSS byly vyměněny za mnohem produktivnější nástroje ze slinutých karbidů. Tyto změny přinesly zvýšení produktivity při obrábění pólů a to snížením strojního času obrábění.

Ne vše však proběhlo dle mých představ. Dlouho jsem se zabýval myšlenkou zproduktivnění operace frézování závitů M48. Snížení počtu třísek ze tří na dvě se však vzhledem k nedostatečné kvalitě povrchu a rozměru závitů nepodařilo.

Celá nově navržená technologie byla důkladně porovnána s technologií původní. Po odečtení nákladů na výrobu přípravků, pořízení speciálního náradí a pomůcek činí úspora **472.955 Kč** při předpokládané roční produkci 450 kusů pólů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MÁDL, J. aj. *Technologie obrábění 3*. 1. vyd. : Nakladatelství ČVUT , Praha, 2005. 121 s. ISBN 81-968605-1-8
- [2] MÁDL, J. aj. *Základy technologie II*. 1. vyd.: Nakladatelství ČVUT, Praha, 2002. 55s. ISBN 80-01-02610-8
- [3] GARANT, *Příručka obrábění 2*. vyd. Praha 2011. 844 s. ISBN 3–00-016882-6
- [4] NOVOTNÝ, J. aj. *Technologie I (Slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy)* 2. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. 227s. ISBN 80-701-02351-6.
- [5] MM 2007 / 4 (<http://www.mmspektrum.com/vydani/2007/4/22>). Článek Trendy obrábění.
- [6] ŘÍČKA Jaroslav, BULLA, Vladimír. *Technologie obrábění a montáže*. 2. vyd. Brno : SNTL - Nakladatelství technické literatury Praha, 1982. 280 s. 05-055-85
- [7] HRUBÝ Jindřich. *Teorie obrábění*. 2. vyd. Ostrava: 1988. 213 s.
- [8] PTÁČEK, L. *Nauka o materiálu II*. 2. opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM Brno, 2002. 392 s. ISBN 80-7204-248-3
- [9] LUKOVICS, Imrich. *Konstrukční materiály a technologie*. Brno: VUT Brno, 1992
- [10] KAŠTÁNEK, O. *Strojírenské materiály a technologie*. [s. 1.] : VUT BRNO, 2001. 308 s. VUT BRNO.
- [12] Sandvik Coromat: *Příručka obrábění – Kniha pro praktiky*, přeložil Kudela Miroslav, Praha, Scientia 1997, ISBN 91-97 22 99-4-6
- [13] HUMÁR, Anton. *Technologie I – technologie obrábění*. Brno, Akademické nakladatelství CERM 2003,
- [14] JURKO Josef, LUKOVICS Imrich. *Vrtání- technol. metoda výroby díer*. 1. vyd. Bratislava: ISBN 978-80-7318-488-9
- [15] NĚMEC Dobroslav. *Základy výrobních technologií*. Vydání 3. Zlín 2004: UTB Zlín, 214 s. ISBN 978-80-7318-737-8
- [16] WIEDEMANN E., KELLENBERGER W. *Konstrukce elektrických strojů*.

- Praha: 1. vydání, SNTL 1973. 650 s.
- [17] CIGÁNEK L. *Stavba elektrických strojů*. Praha 1. vydání, SNTL 1958 714 s.
- [18] Odkaz na stránky firmy Hartner (<http://hartner.de/>)
- [19] Odkaz na stránky firmy Sandvik (<http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/pages/default.aspx>)

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

V_c	řezná rychlost [m/min]
V_f	posunová rychlost [m/min]
V_e	rychlost řezného pohybu [m/min]
P_{fe}	pracovní boční rovina
φ	úhel posunového pohybu [°]
η	úhel řezného pohybu [°]
F_c	řezná síla [N]
F_f	posuvová síla [N]
F_p	pasivní síla [N]
z	počet břitů nástroje
n	otáčky [min^{-1}]
d	průměr otvoru [mm]
D	průměr nástroje [mm]
a_p	průřez třísky [mm]
L	dráha [mm]
f	posuv [mm]
t_h	čas vrtání [min]
Md	kroučící moment
k_c	specifická řezná síla [N]
V_f	posunová rychlost [mm/min]
fz	posuv na zub [mm]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Vrtání šroubovým vrtákem-kinematika procesu.....	13
Obr. 2. Průřez odřezávané vrstvy pro vrtání do plna.....	14
Obr. 3. Síly při řezání.....	15
Obr. 4. Části šroubovitého vrtáku.....	17
Obr. 5. Způsoby podbroušení hřebenových ploch.....	19
Obr. 6. Tvrdokovový vrták s povlakem.....	20
Obr. 7. Vrták s vyměnitelnou korunkou.....	20
Obr. 8. Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami.....	21
Obr. 9. Dělové vrtáky.....	22
Obr. 10. Vrtací destičky pro kopinaté vrtáky Partner.....	23
Obr. 11. Princip ejektorového vrtání.....	23
Obr. 12. BTA vrtací hlava.....	24
Obr. 13. Profil metrického závitu.....	26
Obr. 14. Točený závitník do slepých otvorů.....	27
Obr. 15. Závitník do průchozích otvorů.....	27
Obr. 16. Rozdíl mezi řezaným a tvářeným závitem.....	28
Obr. 17. Schéma soustružení závitu.....	28
Obr. 18. Různé typy závitových fréz.....	30
Obr. 19. Řadová stolní vrtačka.....	31
Obr. 20. Sloupová vrtačka.....	32
Obr. 21. Stojanová vrtačka.....	33
Obr. 22. Radiální vrtačka VR4.....	33
Obr. 23. Vodorovná vyvrtávačka WHN 13.....	35
Obr. 24. Sledované pracoviště WHN 13.....	44
Obr. 25. Hlavní pracovní pohyby stroje WHN 13.....	45
Obr. 26. Póly připravené k obrábění na provozu obrobny.....	48
Obr. 27. Nový upínací přípravek 47971 SPO.....	51
Obr. 28. Upnutý pól v přípravku 47971 SPO.....	52
Obr. 29. Upínací weldon s vnitřním chlazením.....	53
Obr. 30. Vrták Partner při testech životnosti.....	56
Obr. 31. Vyvrt. tyč Ø50 pro zahloubení otvorů.....	57

Obr. 32. Detail cirkulární frézy pro frézování závitů.....58
Obr. 33. Fréza pro sražení vnější hrany 3x45°58

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Základní technické parametry stroje WHN13.....	44
Tab. 2. Porovnání cen zkoušených vrtáků.....	55
Tab. 3. Porovnání testů životnosti.....	55
Tab. 4. Porovnání původní technologie s nově navrženou.....	59

SEZNAM VZORCŮ

(1)	Výpočet řezných podmínek.....	14
(2)	Vzorec posunové rychlosti.....	14
(3)	Vzorec posuvu na zub.....	14
(4)	Vzorec průřezu třísky.....	15
(5)	Vzorec průřezu odřezávané vrstvy.....	15
(6)	Vzorec řezné síly pro vrtání.....	15
(7)	Vzorec kroutícího momentu.....	16
(8)	Vzorec času obrábění.....	16
(9)	Vzorec výpočtu otáček.....	54
(10)	Vzorec posuvu za minutu.....	54

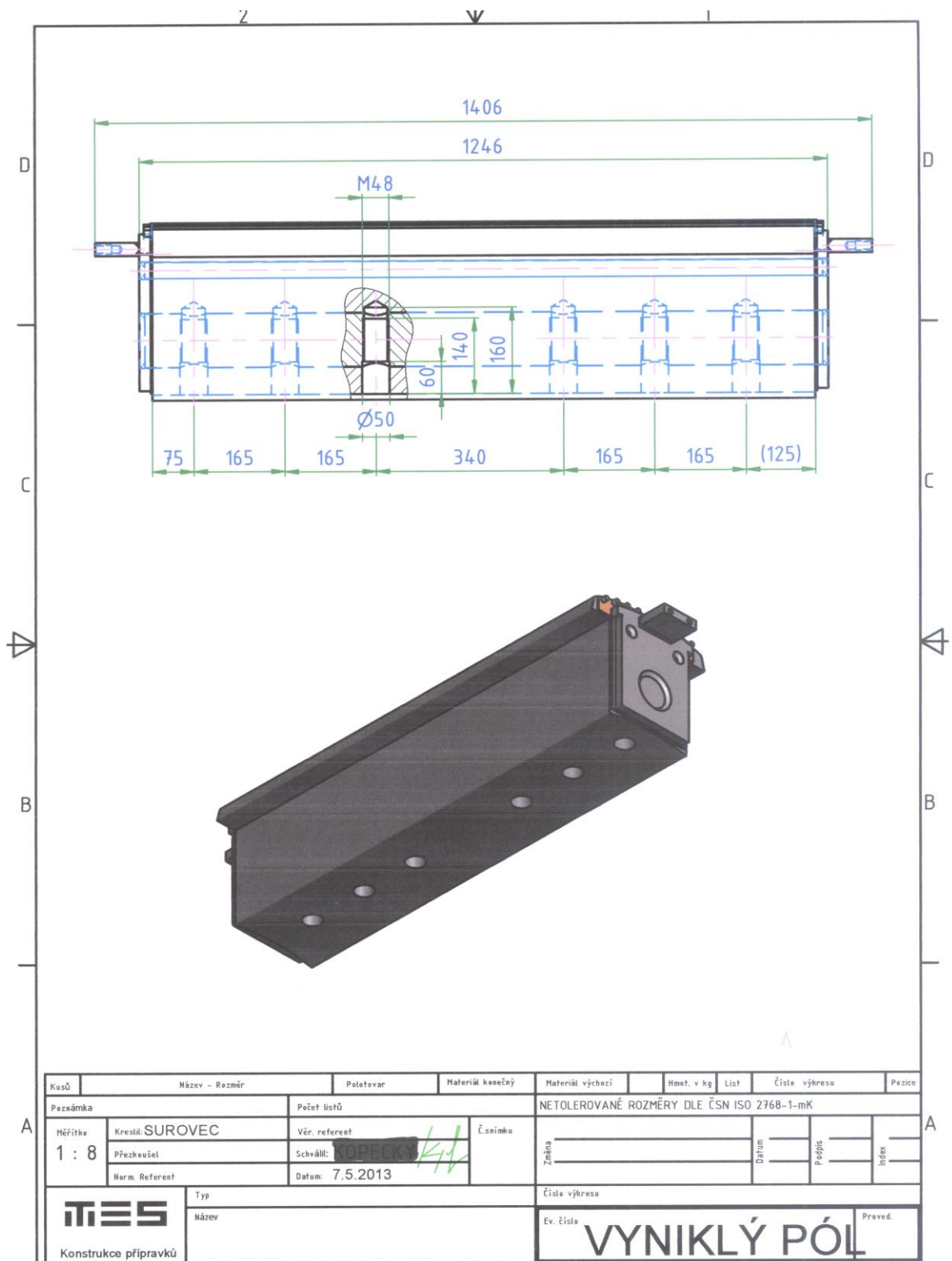
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha PI – Výkres vyráběného pólu

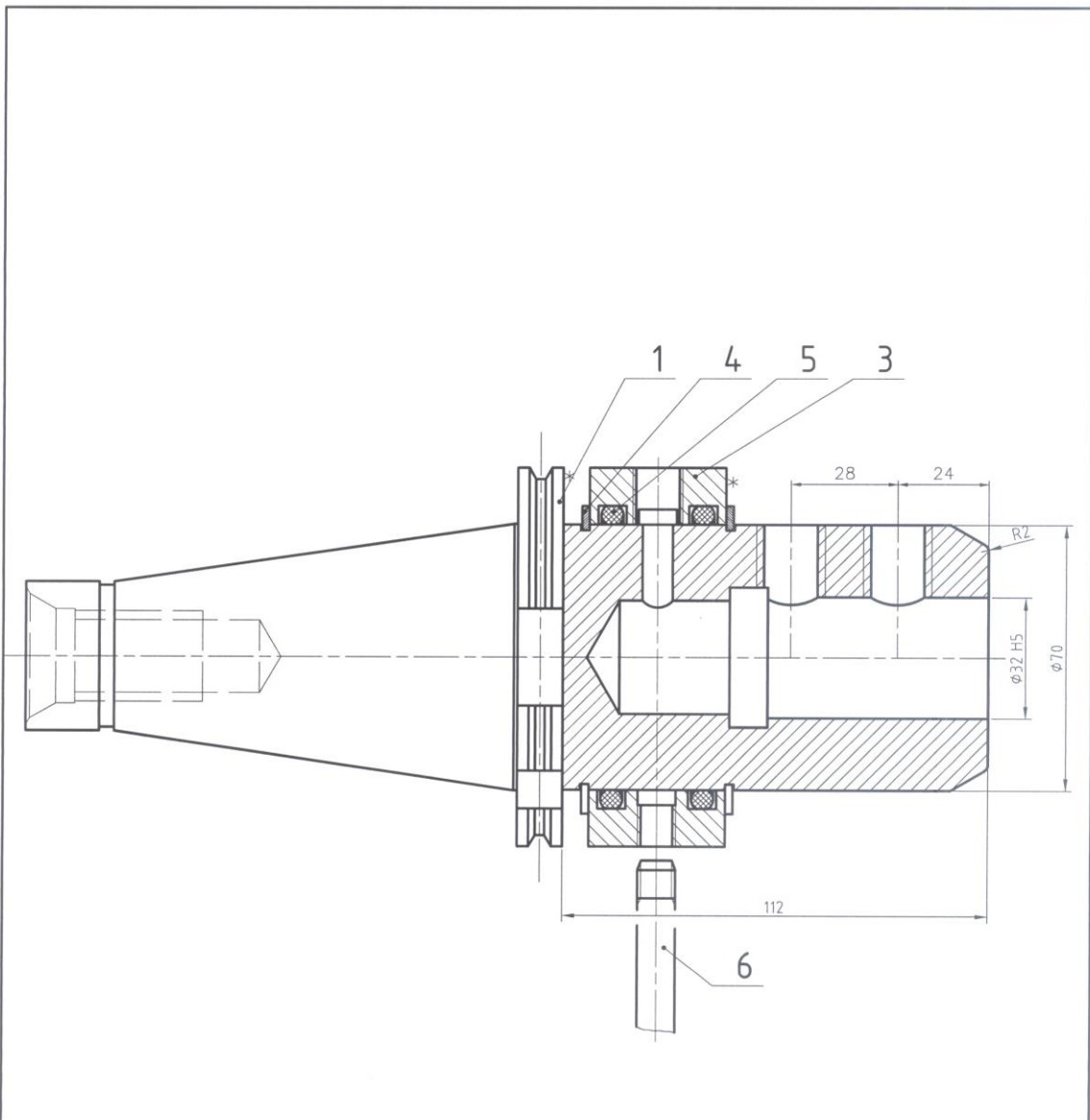
Příloha PII – Výkres držáku pro vnitřní chlazení 45562.SPF

Příloha PIII – Výkres upínacího přípravku 47971.SPO

PŘÍLOHA P I: VÝKRES VYRÁBĚNÉHO PÓLU



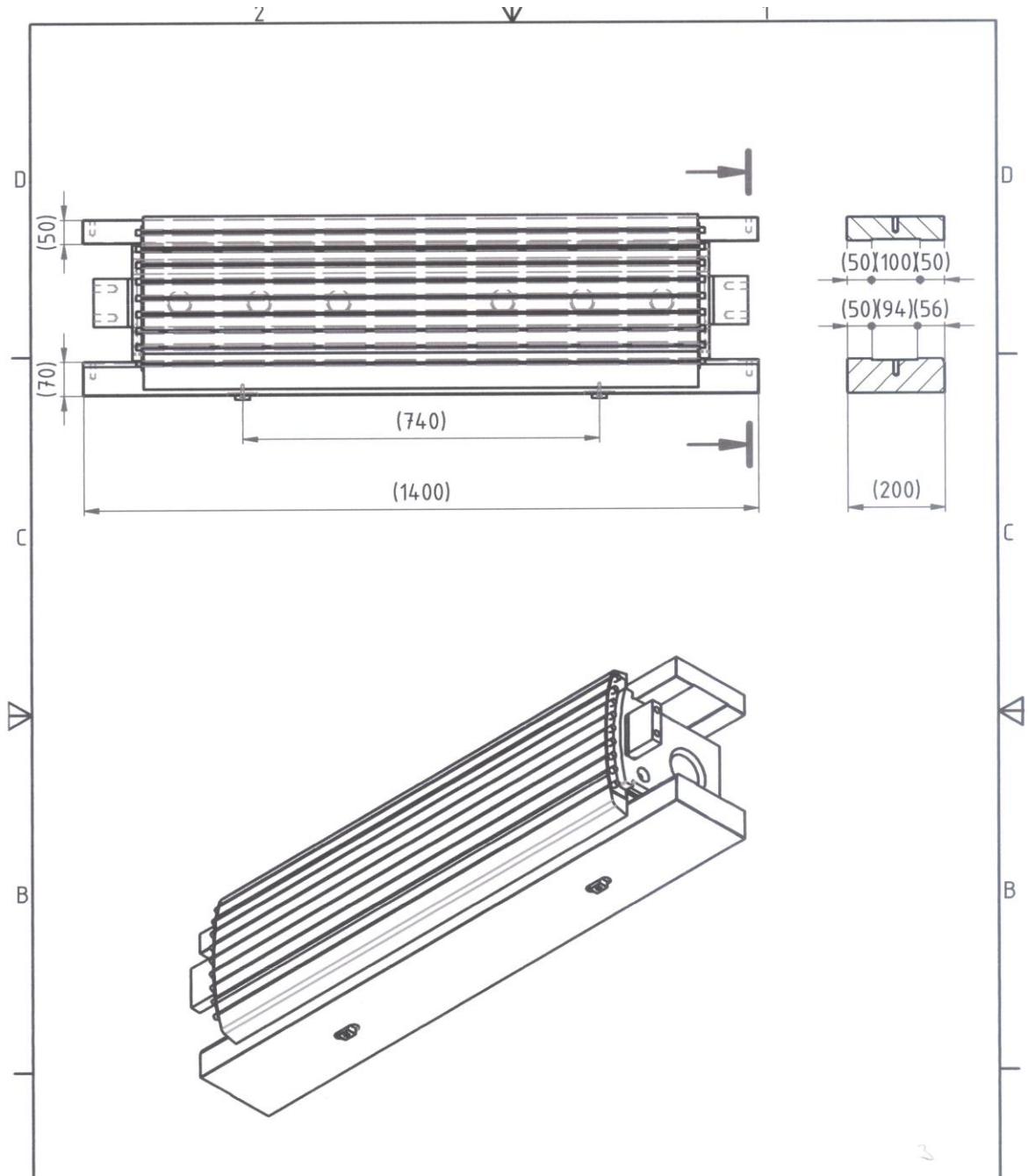
PŘÍLOHA P II: VÝKRES DRŽÁKU PRO VNITŘNÍ CHLAZENÍ




* značit: 45562.SPF

1	TYČ	Ø10-290		11373		45392.006	6
2	TĚSNÍČÍ KROUŽEK	70	ČSN 029280				5
1	POJISTNÝ KROUŽEK	Ø70	ČSN 022930				4
1	KROUŽEK			MOSAZ		45562.003	3
2	ŠROUB	M20x2	ČSN 021189				2
1	WELDON 32	112				45562.001	1
KUSŮ	NÁZEV	ROZMĚR	NORMA	MATERIÁL	HMOTNOST	VÝKRES Č.	POZ.
Hmotnost:		Počet listů / list:		NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ČSN ISO 2768-1-mK			
MĚŘÍTKO	Kreslil: Jiří Surovec	Datum: 06.05.2013		Změna	Datum	Popis	Index
1:1	Přezkoušel:						
Schválil:				Číslo výkresu		Pravec	
 Typ:		Název: WELDON 32 S CHLADICÍM KROUŽKEM		Ev. číslo: 45562.SPF			

PŘÍLOHA P III: VÝKRES UPÍNACÍHO PŘÍPRAVKU 47971.SPO



Kusů	Název - Rozměr	Polotovár	Materiál konečný	Materiál výchozí	Hmot. v kg	List	Číslo výkresu	Pozice
Poznámka		Počet listů		NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ČSN ISO 2768-1-mK				
Měřítko 1:10	Kresil: Jirí Surovec	Věr. referent	Číslníku	Změna	Datum	Podpis	Index	
	Přezkoušel	Schválil: <i>[Signature]</i>						
	Norm. Referent	Datum: 7.5.2013						
 Konstrukce přípravků		Typ		Číslo výkresu				
		Název		Ev. číslo		47971.SPO		Proved.

2

1

1