

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZEFEKTIVNĚNÍ VÝROBY STATORU PRO LCV 20 POMOCÍ CNC HORIZONTÁLNÍ VYVRTÁVAČKY ŠKODA FCW 150

IMPROVEMENT OF THE LCV 20 STATOR MANUFACTURE WITH THE CNC HORIZONTAL BORING MACHINE ŠKODA FCW 150

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MONIKA MEJZEŠOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. MIROSLAV PÍŠKA, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Mejzešová Monika, Bc.

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

obor: **Výrobní technologie a průmyslový management (2303T010)**

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 diplomové práce:

**Zefektivnění výroby statoru pro LCV 20 pomocí CNC horizontální vyvrtávačky
ŠKODA FCW 150.**

v anglickém jazyce:

**Improvement of the LCV 20 Stator Manufacture with The CNC Horizontal Boring
Machine ŠKODA FCW 150.**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Inovace výroby statorové součásti pro LCV 20 aplikací CNC stroje, dosažení výhodnějších technologických a ekonomických ukazatelů.

Cíle diplomové práce:

Rozbor stávající technologie výroby, její technologických a ekonomických parametrů

Návrh nové technologie výroby (ve více variantách) s aplikací CNC technologií

Rozbor nové technologie výroby, její technologických a ekonomických parametrů, její verifikace

Seznam odborné literatury:

KOČMAN, Karel. Speciální technologie obrábění. 3. přeprac. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8.

HUMÁR, Anton, PÍŠKA, Miroslav. Moderní řezné nástroje a nástrojové materiály. MM Průmyslové spektrum. Speciální vydání včetně CD. 110 s. Praha, 2004, ISSN 1212-2572

PÍŠKA, Miroslav. Technologie výroby II, interaktivní text.

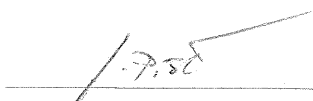
<http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/ust/Tech.v2.pdf>

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.


Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne





doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá výrobním postupem opracování odlitku statoru ve firmě Papcel, a.s., Litovel.

První část je zaměřena na popis stávajícího výrobního procesu, který je uskutečňován za použití více strojů a značného objemu manuální práce. Ve druhé části je analyzována možná změna současné technologie a popsány alternativní postupy a výrobní zařízení. Jako nejefektivnější možnost se jeví použití CNC obráběcího stroje ŠKODA FCW 150, což by zvýšilo produktivitu práce, zmenšilo podíl manuálních činností, omezilo riziko lidské chyby a tím zvýšilo kvalitu a přesnost výsledného produktu.

V závěru práce jsou zhodnoceny strojní a přípravné časy pro jednotlivé výrobní a montážní operace a finanční dopady uvedené investice na hospodaření podniku.

Klíčová slova

Výroba, strojní zpracování, CNC, kvalita, přesnost, náklady.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with a production process cast body of the stator the in the company Papcel, a.s., Litovel.

The first part is focused on the description of the current production process. The production is realized with several manufacturing machines and hand machining also. The second part analyzes available changes of the current technology and describes alternative procedures and production facilities. The CNC machine-tool ŠKODA FCW 150 seems to be the most effective way of production, which could increase the labor productivity, cut the share of manual works, reduce a risk of a human error and to increase the final product quality and accuracy.

The final part of the thesis evaluates the machine and preparation times for a single production, including assembly operations and financial impacts of the investments on the company costs.

Key words

Production, manufacturing, CNC, quality, accuracy, costs.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MEJZEŠOVÁ, Monika. *Zefektivnění výroby statoru pro LCV 20 pomocí CNC horizontální vyvrtávačky ŠKODA FCW 150: Diplomová práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, květen 2009. 66 s., 3 přílohy. Vedoucí práce doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Zefektivnění výroby statoru pro LCV 20 pomocí CNC horizontální vyvrtávačky ŠKODA FCW 150 vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 22.5.2009

.....
Mejzešová Monika

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Petru Ženožičkovi a Ing. Tomáši Motřkovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat firmě Papcel, a.s., Litovel za možnost zpracování diplomové práce a v neposlední řadě vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. za poskytnuté rady při zpracování.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod	8
1 Zaměření výroby firmy Papcel, a.s., Litovel	9
1.1 Historie.....	9
1.2 Zaměření výroby	9
1.3 Strojní vybavení.....	10
2 Problematika výroby strojních součástí velkých rozměrů	12
3 Rozbor stávající technologie výroby statoru	13
3.1 Stator pro rozvlákňovač LCV 20.....	13
3.2 Nízkokonzistenční vertikální rozvlákňovač LCV	15
3.3 Původní technologický postup výroby statoru.....	16
3.4 Aplikace třískového obrábění při výrobě statoru.....	17
3.4.1 Obecná charakteristika procesu obrábění	17
3.4.2 Soustružení statoru	18
3.4.3 Vrtání statoru	18
3.4.4 Materiály obráběcích nástrojů	20
4 Rozbor nedostatků současného výrobního postupu.....	22
5 Návrh nové technologie na CNC obráběcím stroji	23
5.1 CNC obráběcí centra.....	23
5.2 Počítačové řízení výrobního procesu	24
5.3 Obrábění materiálu s vyšší tvrdostí a pevností.....	24
5.3.1 Nástroje pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů.....	25
5.4 Využití slinutých karbidů při obrábění statoru.....	24
6 Návrh obráběcího stroje	30
6.1 Horizontální vyvrtávací stroje.....	31
6.2 CNC horizontální frézovací a vyvrtávací stroj ŠKODA FCW 150	31
6.3 Technické parametry stroje	33
6.4 Složení pracoviště stroje ŠKODA FCW 150.....	34
6.5 Počítačové řízení stroje ŠKODA FCW 150	35
6.5.1 Ovládací programy.....	36
6.6 Volba rezných podmínek	50
6.7 Klasifikace nástrojového materiálu.....	58
6.7.1 Srovnání nástrojového materiálu z SK a RO při vrtání	55
6.8 Nový technologický postup výroby statoru.....	58
7 Technicko-ekonomické zhodnocení technologií.....	59
7.1 Stanovení výrobních časů	59
7.2 Výrobní náklady na výrobu jednoho kusu statoru.....	59
Závěr	62
Seznam použitých zdrojů	63
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	65
Seznam příloh	66

ÚVOD

Papírenský průmysl je jedním z tradičních výrobních odvětví mnoha zemí světa. Zaměstnává velké procento populace, a tak v regionech často tvoří jedinou pracovní příležitost. S tím je spojena vysoká až velmi vysoká citlivost ekonomik na změny v tomto odvětví. Firmě Papcel, a.s. se dostala zakázka na výrobu statoru pro stroje v papírenském průmyslu.

Diplomová práce se zabývá stávajícími technologiemi výroby statorů a jejím cílem je pokusit se navrhnout kvalitnější a rychlejší technologii výroby. Hlavním úkolem při činnosti firem a organizací je dosahovat co nejvyšší kvality výrobků a služeb. Současně se však firmy musí snažit dosáhnout těchto požadavků při vynaložení co nejmenších nákladů. To je jediná možnost, jak obstát v těžkém konkurenčním boji a zajistit tak odbyt pro své výrobky na tuzemském či zahraničním trhu.

Ke zvyšování kvality přispívá velkou měrou zavádění nových technologií výroby a využívání nových strojů a nástrojů. Nástroje jsou vyráběny především ze slinutých karbidů a řezné keramiky. Jejich výhodou je větší životnost v porovnání s nástroji z rychlořezné oceli, které se musely často přebroušovat, což mělo negativní vliv na přesnost obrábění. Pro práci s novými nástroji se používá vyšší řezná rychlost, což má vliv na zkrácení času výroby a tím i její zefektivnění. Významným faktorem ovlivňujícím kvalitu finálního výrobku je i vhodně zvolený materiál, z něhož je součást vyrobena. Jsou objevovány nové materiály, které mají lepší vlastnosti a splňují požadavky kladené na výrobek zákazníkem. (2)

1 ZAMĚŘENÍ VÝROBY FIRMY PAPCEL, A.S., LITOVEL

1.1 Historie

Založení firmy Papcel, a.s. se datuje od roku 1950, kdy byl založen národní podnik s pobočnými závody v Praze – Maninách, Opavě, Hostinném a Mikulovicích a projekčními kancelářemi v Praze, Plzni a Šumperku. Předmětem podnikání byla výroba strojního zařízení, náhradních součástí, projekce, konstrukce a prodej výrobků pro papírenský průmysl.

V roce 1957 dostal národní podnik oficiální název Papcel n.p., a stal se strojírnami pro průmysl papíru a celulózy. O šest let později byl založen podnik s hlavním závodem v Litovli, provozem v Semilech a elektrotechnickým závodem v Opavě. Ještě před rokem 1989 se podniku podařilo začlenit se do trastu Průmyslu papíru a celulózy v Praze.

V další etapě vývoje podniku, v roce 1990, dochází k osamostatnění závodů v Opavě a provozu v Semilech. V roce 1992 vznikla nová soukromá firma ICEC – PAPCEL, a.s., která se orientuje také na celulózo-papírenský průmysl. Jednou z dceřiných společností této firmy byla MTS, a.s. v Litovli, která roku 1998 změnila svůj název na Papcel, a.s. (1, 2)

1.2 Zaměření výroby

Papcel, a.s. je strojírenskou firmou, která již více než 50 let vyrábí stroje a technologická zařízení pro papírenský průmysl. Firma se zabývá pouze kusovou a zakázkovou výrobou, která je omezena hmotností do 20 tun. Je to zapříčiněno manipulačním zařízením, které je dimenzováno na tuto hodnotu. K dispozici má potřebná předvýrobní oddělení, technický a technologický vývoj, konstrukci, zkušebnu, servisní služby a zejména výrobní prostory a montážní haly s veškerým technickým vybavením pro požadovanou strojírenskou výrobu. Na realizaci projektů se podílí více než 300 zaměstnanců.

Společnost vyrábí a dodává stroje a zařízení pro kompletní linky papírenských strojů a přípraven látky. Vyrábí nejen nové papírenské stroje a jejich části, ale zaměřuje se také na opravy, rekonstrukce a modernizace starších a dříve dodaných strojů a zařízení s cílem zvýšit produkci a kvalitu vyráběného sortimentu. Pro dodaná zařízení zabezpečuje náhradní díly a kompletní garanční a propagační servisní služby. Vyrábí válce (tlakové, beztlakové) do průměru 1500 mm a délky 8000 mm, čerpadla pro papírenský průmysl, potravinářský průmysl a odpadová hospodářství, nádrže (zásobní a míchací) a zajišťuje prodej a repase „second-hand“ zařízení.

Společnost nabízí stroje a zařízení pro linky přípravny látky zaměřené na zpracování sběrového papíru, dále stroje a zařízení pro linky papírenských a lepenkových strojů (od nátoku po převíječku) zaměřené na výrobu obalových materiálů, speciálních a psacích papírů, používající jako surovinu sběrový papír. Nadále speciální procesy jako žárové nástřiky, nanášení nekovových povlaků, broušení válců, vyvažování, včetně pružných rotorů, tryskání, povrchové ochrany nátěrem a superfinišování. 80 % současné produkce směřuje na zahraniční trhy. Obchodní aktivity jsou zaměřeny na oblast východní Evropy především na trh Ruska, Litvy, Ukrajiny, Kazachstánu,

Lotyšska a Běloruska. V rámci střední Evropy jsou hlavními odběratelskými trhy Česko, Slovensko a Polsko, v západní Evropě trhy Německa a Francie. Mezi nově získané trhy patří Řecko, Makedonie, Egypt, Tanzanie, Indie, Indonésie, Írán, Chile nebo Ekvádor.

Ve své historii společnost dodala více než 70 nových, případně rekonstruovaných linek papírenských strojů. Za období let 2004 - 2006 se jen na teritoriu východní Evropy zprovoznilo více než 35 linek přípravny látky. (1, 2)

1.3 Strojní vybavení

Papcel, a.s. disponuje širokou škálou strojních zařízení, má k dispozici přes 30 strojů, a to ke zpracování výrobků nejrůznějšími technologiemi. K obrábění lze použít kolem 10 druhů soustruhů, a to i s CNC systémem, soustruhy hrotové, lícni – svislé – karusely, speciální soustruhy, nejrůznější frézky, vodorovné univerzální, svislé frézky, hoblovky, pro svislé obrázení obrázečka svislá pro maximální průměr obrobku 1300 mm, horizontální vyvrtávačky, také s CNC naváděním, vrtačky pro vrtaný průměr 35 mm, 40 mm a 60 mm, radiální CNC vrtačka pro vrtaný průměr 50 mm, navrtávačky, brusky pro vnitřní a vnější kruhové plochy, brusky rovinné. Dále stroje na tváření plechu – ohraňovací lisy, indukční přístroj pro montáž ložisek s maximální hmotností 350 kg, hydraulické čerpadlo s digitálním manometrem pro montáž ložisek s metodou SKF – axiální posunutí, laser pro ustavování pohonů a závitovací přístroj pro závity M6-M24.

V podniku se používá několik svařovacích technologií od svařování obalenou elektrodou, MIG, MAG, WIG až po svařování pod tavidlem, uhlíkových a nerez ocelí a hliníkových slitin. Je vybaven i tryskací kabinou, lakovací kabinou a provádí se zde mnoho technologií povrchových úprav. Provedení povlaků může být kovové, nekovové, antimagnetické a další.

Po úspěšně zavedené technologii dokončování povrchu válců superfinišováním (umožňující získat vysoce kvalitní povrchy až do zrcadlového lesku) rozšiřuje společnost výrobní možnosti v oblasti broušení povrchu válců jak klasického (brusným kotoučem), tak i s využitím vysoce produktivního broušení pomocí brusného pásu.

Další velmi důležitou technologií je technologie dynamického vyvažování. Kvalitní vyvážení rotujících částí (válce, rotory, hřídele, oběžná kola apod.) hraje velmi významnou roli v prevenci nadměrného opotřebení uložení (ložiska, čepy apod.) a dalších návazných částí a má zásadní vliv na klidný a bezproblémový chod strojů. Podnik disponuje novou horizontální vyvrtávačkou, jejíž parametry umožní dále rozšířit výrobní možnosti společnosti. Tato investice souvisí s dlouhodobým cílem vyrábět stroje do pracovní šíře 8000 mm. (1, 2)



Obr. 1.1 Dynamická vyvažovačka H6V



Obr. 1.2 CNC soustruh SUA 63



Obr. 1.3 Montáž převíječky



Obr. 1.4 Hoblovka HZFS



Obr. 1.5 ukázka výroby válců – superfinish

2 PROBLEMATIKA VÝROBY STROJNÍCH SOUČÁSTÍ VELKÝCH ROZMĚRŮ

Strojírenské podniky, které se zabývají výrobou velkorozměrných součástí, se musí vypořádat při výrobním procesu s velkou hmotností obrobku, a proto se snaží provést na jedno upnutí co nejvíce operací. Jelikož není možné s obráběnou součástí jednoduše manipulovat, je nutné používat manipulační zařízení a více pracovní síly.

Řezné podmínky musí být přizpůsobeny velikosti součásti, a zároveň břitová destička musí vydržet po celou dobu obráběcího procesu dostatečně ostrá, aby byla dosažena požadovaná jakost povrchu obrobku. V případě častých výměn nástroje by mohlo dojít k nerovnostem na přechodových místech. Je třeba zohlednit, že u větších obrobků bude docházet k většímu chvění a prohýbání obrobku. Tyto nežádoucí vlivy musí být odstraněny použitím vhodného přípravku.

Také řezný nástroj musí těmto nežádoucím účinkům odolat. Je třeba zajistit dostatečné chlazení a odvod tepla, aby nedocházelo k tepelným a chemickým vlivům, které by mohly poškodit břitovou destičku nebo jakost povrchu. (2)

3 ROZBOR STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE VÝROBY STATORU

3.1 Stator pro rozvlákňovač LCV 20

Stator je jedním z funkčních orgánů nízkokonzistenčního vertikálního rozvlákňovače LCV 20 a má funkci statorového třídícího síta. Těleso statoru je dodáváno jako hrubý, neopracovaný odlitek s přídatky pro opracování, z materiálu ČSN 42 2906 – chromová, vysokolegovaná ocel na odlitky.

Firma Papcel, a.s. odebírá odlitky od různých výrobců a z toho důvodu je i jakost jejich povrchu různá. Po opracování funkčních ploch a vyvrtání otvorů následuje kompletní montáž stroje, která se provádí ve firmě Papcel, a.s.

Závěrečné zkoušky v podnikové zkušebně probíhají za přítomnosti pracovníka řízení kontroly jakosti (ŘKJ). Po jeho odzkoušení se provede očištění a nátěr nefunkčních ploch barvou (funkční plochy se pouze nakonzervují) dle specifických požadavků zákazníka. V expedičním oddělení jsou stroje zabaleny do igelitové fólie a uloženy na paletu. Dopravu v rámci České republiky zajišťuje firma Papcel, a.s. vlastními zdroji. Pro mezinárodní přepravu jsou smluvně zajištěni externí dopravci.

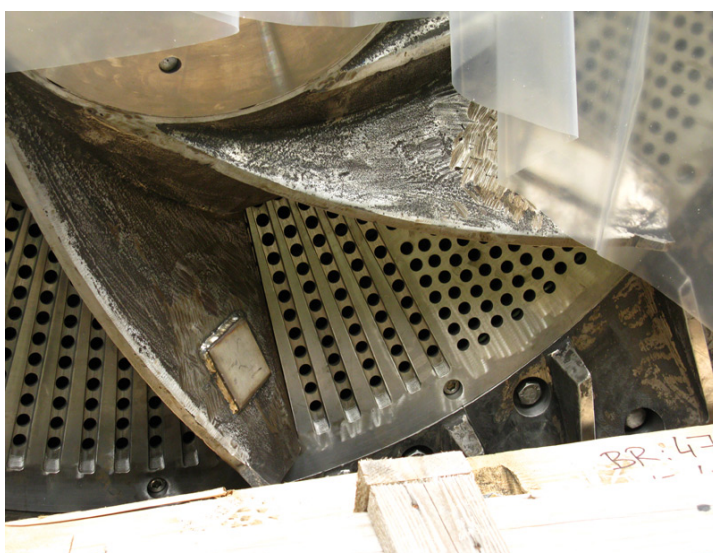
Firma Papcel, a.s. vyrábí statory pro rozvlákňovače LCV-2,5, LCV-14, LCV-20 a LCV-30. Tato práce se nadále věnuje statoru pouze pro verzi LCV 20, která označuje použití pro celulózu a sběrový papír. (3, 4)



Obr. 3.1 Stator pro rozvlákňovač LCV 20



Obr. 3.3 Balení a uložení statoru na paletu



Obr. 3.4 rozvlákňovač LCV 20 – detail1



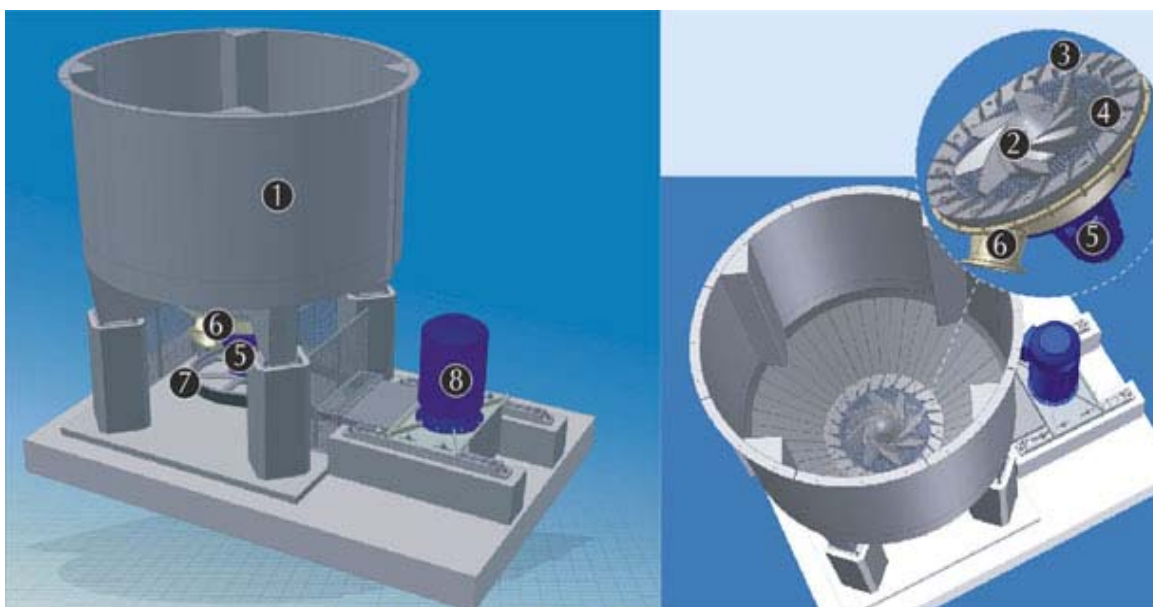
Obr. 3.5 rozvlákňovač LCV 20 – detail2

3.2 Nízkokonzistenční vertikální rozvlákňovač LCV

LCV rozvlákňovače jsou určeny pro kontinuální a periodické rozvlákňování vláknitých materiálů, jako je například buničina, dřevovina a sběrový papír.

Rozvlákňovače se osvědčují i při rozplavování jiných materiálů, jako např. kaolínu a při přípravě vícesložkových směsí. Výkon rozvlákňovačů je závislý na druhu rozvlákňovaného materiálu, způsobu provozu a na složení pracovního cyklu. Všechny části stroje přicházející do styku s látkou jsou z korozivzdorné oceli. Funkční orgány jsou ze speciální abrazi odolné korozivzdorné oceli na odlitky. (3, 4)

Základní části rozvlákňovače LCV jsou popsány na Obr. 3.6



Obr. 3.6 Nízkokonzistenční rozvlákňovač LCV (3)

1 – svařovaná korozivzdorná vana ukotvená na železobetonových nohách.

Funkční orgány:

2 – rotor,

3 – lopatkový věnec,

4 – statorové třídící síto.

5 – ložiskové těleso utěsněné labyrintovým těsněním.

6 – výtokové těleso utěsněné výplňovou ucpávkou (ucpávkové pouzdro, ucpávková šňůra).

7 – do 200 kW řemenový pohon s krytem, od 200 kW převodovka s krytem.

8 – přírubový elektromotor.

3.3 Původní technologický postup výroby statoru

Tab. 3.1 Původní technologický postup (4)

Číslo operace	Pracoviště	Popis práce	Stroj/ Nástroj	Přípravný čas [hod]	Kusový čas [hod]
10	Obrobna	Upnout pomocí upínek, vystředit číselníkovým úchylkoměrem na střed lícní desky, soustružit spodní čelo náboje a čelo věnce na rozměr 67 +0.1, mezikružní $\varnothing 1282 / \varnothing 740$ dle řezu A-A na výkrese, dále soustružit vnitřní tvarové plochy $2x < 15^\circ$ včetně R8 a R10, srazit hrany, přepnout na spodní opracované čelo, vystředit číselníkovým úchylkoměrem, soustružit čelo náboje na délku 58mm, povrch $\varnothing 1330 -0.3 -0.8$, hranu $2x 45^\circ$, otvor $\varnothing 500H11$, osazení $\varnothing 650$, $\varnothing 740 / \varnothing 680 +$ tvarové plochy $2x < 15^\circ$ dle výkresu, odjehlit, označit rozteč $\varnothing 570 +0.2$.	Lícní soustruh Karusel SK 25 A Soustružnický nůž – ubírací ohnutý	1.50	32.50
20	Obrobna	Značit 12x $\varnothing 23$, 4x M20, prorýsovat pro ustavení šablony.	Posuvné měřidlo, důlčík, kladívko, metr	0.50	1.00
30	Hala 2	Dle prorýsování vrtat 12x otvor $\varnothing 23$, vrtat a řezat 4x M20, odjehlit.	Radiální vrtačka VR 6 A/ Vrták $\varnothing 17.5$, $\varnothing 23$	0.50	1.00
37			Středící příruba		
38			Upínací přípravek		
39			Vrtací šablona		
40	Hala 2	Upnout pomocí upínek na upínací přípravek, dle vrtací šablony vrtat 792x otvor $\varnothing 16$ do hloubky 25mm, následně zahloubit na $\varnothing 19$ do hloubky 6mm dle výkresu, odjehlit.	Radiální vrtačka VR 6 A Vrták $\varnothing 16$, $\varnothing 19$	1.00	46.00
50	Hala 1, 2, 4	Přesmírkovat kuželové plochy včetně odstranění otřepů.	Ruční bruska	0.50	0.50
60	Halá hala	Označit štítkem se zákaznickým číslem zakázky a číslem výkresu.			0.50

3.4 Aplikace třískového obrábění při výrobě statoru

3.4.1 Charakteristika procesu obrábění statoru

Původní výrobní proces je především velmi náročný na manuální práci. Hrubý odlitek statoru je nejdříve nutno upnout do soustruhu, vystředit, a opracovat příslušné plochy dle výkresové dokumentace. Následují práce rýsovačské, kdy se odlitek musí znovu prorýsovat pro ustavení vrtací šablony. Pro samotné vrtání se polotovar upne na přípravek a dle šablony se vrtají na radiální vrtačce příslušné otvory. Ty se dále zahlubí dle výkresu. Provede se odjehlení a odstranění otřepů. Výrobek se označí štítkem se zákaznickým číslem zakázky a číslem výkresu.

3.4.2 Soustružení statoru

Nejdříve je stator opracován soustružením, dle technologického postupu, na svislém soustruhu – karusel SK 25 A s použitím soustružnických ubíracích nožů z rychlořezné oceli, dle normy ČSN 22 3520 – nůž ubírací ohnutý. Příklad na obrábění je 5 mm. (4)

Řezné podmínky ve stávající technologii (5):

Hrubování:

- otáčky $n = 5 \div 7 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 0,35 \text{ mm}$,
- šířka záběru $a_p = 3,0; 1,5 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 21 \div 30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Dokončování:

- otáčky $n = 3 \div 5 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 0,35 \text{ mm}$,
- šířka záběru $a_p = 0,25; 0,15; 0,10 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 13 \div 21 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Soustružnické nože

Soustružnické nástroje mají jednoduché tvary, jsou levné a nevyžadují náročnou údržbu. V současné době poskytují výrobci nástrojů velké množství soustružnických nožů nejrůznějších druhů a tvarů.

Podle použití můžeme soustružnické nože rozdělit na nože ubírací, hladící, zapichovací a upichovací nebo tvarové, jejichž zvláštní skupinu tvoří nože závitové. Podle užitého nástrojového materiálu na rychlořezné, se slinutým karbidem, s keramickou destičkou, s diamantem nebo s kubickým nitridem boru. (6)

Rozdělení soustruhů:

- hrotové soustruhy,
- čelní soustruhy,
- revolverové soustruhy (s vodorovnou a svislou revolverovou hlavou),
- svislé soustruhy (karusely) jednostojanové a dvoustojanové,
- poloautomatické soustruhy svislé a vodorovné,

- automatické soustruhy jednovřetenové a několikavřetenové. (7)

Svislý soustruh – karusel

Svislé soustruhy mají svislou osu soustružení a používají se pro obrábění rozměrných a těžkých součástí. Jsou vhodné pro soustružení válcových, kuželových a čelních ploch. Lze na nich vrtat, vyvrtávat, řezat závity nožem, po určité úpravě a za použití přídatného zařízení také obrážet, frézovat a brousit.

Obrobek se upíná na upínací desku do sklíčidla (u menších velikostí), nebo pomocí upínek. (7)



Obr. 3.7 Svislý soustruh - Karusel

3.4.3 Vrtání statoru

Pro vrtání otvorů původní technologií je použita radiální vrtačka VR 6, s upínáním pomocí Morseho kužele.

Morse kužel je velmi přesný způsob upínání nástroje v točivém stroji. Užívá se pro upnutí nástrojů, jako jsou vrtáky (v ručních či stolních vrtačkách nebo v soustruzích), výstružníky či frézy. Spočívá ve vložení kuželového zakončení nástroje do stejně tvarovaného otvoru v upínací hlavě. Výhodami tohoto mechanismu upínání jsou snadná vyměnitelnost nástroje a to, že uchycený předmět je neustále udržován ve středu osy otáčení, čímž je umožněna velmi přesná práce, na rozdíl od nástrojů uchycených ve standardních sklíčidlech, která jsou připevněna pomocí závitu.

Upínání nástroje je sice relativně přesné, ale pro výměnu je zapotřebí mnoho vedlejších úkonů, jako je uchopení kladiva a klínu. Následně „vyklepnutí“ musí být provedeno tak, aby nedošlo k pádu nástroje na stůl stroje (popřípadě obrobek). Výměnu nástroje doprovází i jeho broušení.

Při vrtání tak velkého počtu otvorů do materiálu, což je v tomto případě chromová ocel, je s použitím RO výměna nástrojů velmi častá.

Kromě strojního vybavení, které je k dispozici, hrají při obrábění také velkou roli parametry stroje. Z důvodu velkých rozměrů statoru zde nemůže být použita programová vrtačka, která má malý pracovní stůl.

Jako vrtací nástroje jsou použity šroubovitě vrtáky z rychlořezné oceli s kuželovou stopkou.

Řezné podmínky ve stávající technologii (5):

- vrták z rychlořezné oceli $\varnothing 19$ dle normy ČSN 22 1143,
- otáčky $n = 265 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 0,21 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 16 \text{ m.min}^{-1}$,

- vrták z rychlořezné oceli $\varnothing 16$ dle normy ČSN 22 1143,
- otáčky $n = 265 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 0,21 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 14 \text{ m.min}^{-1}$.

- vrták z rychlořezné oceli $\varnothing 23$ dle normy ČSN 22 1143,
- otáčky $n = 111 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 0,16 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 8 \text{ m.min}^{-1}$,

- vrták z rychlořezné oceli $\varnothing 17,5$ dle normy ČSN 22 1143,
- otáčky $n = 164 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 0,13 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 9 \text{ m.min}^{-1}$.

Šroubovitě vrtáky

Šroubovitý vrták je dvojbřitý nástroj s drážkami pro odvod třísek a přívod řezné kapaliny, které jsou ve šroubovici. Tvar vrtáků je odvozen od druhu obráběného materiálu. Podle obrobitelnosti materiálu, podle jeho tvrdosti, houževnatosti apod., se mění úhel sklonu šroubovice a vrcholový úhel špičky vrtáku. Vrtáky s vnitřním přívodem řezné kapaliny se užívají k obrábění hlubokých otvorů v těžkoobrobitelných materiálech. Vrták se zvětšeným prostorem pro odvod třísek má zesílené jádro a je vhodný pro vrtání hlubokých otvorů.

Speciální stupňovité vrtáky příznivě ovlivňují zkrácení vrtacího času, pracovní takt a počet osazení vřeten.

Podle normy ČSN 22 11 01 a způsobu upnutí existují šroubovitě vrtáky s válcovou stopkou nebo s kuželovou stopkou. Podle sklonu šroubovice pak vrtáky na obrábění oceli a litiny, na obrábění mosazi, bronzy, hliníku a slitin. (6)

Vrtací stroje

- stolní vrtačky – jedno nebo více vřetenové,
- sloupové vrtačky – základní část tvoří sloup kruhového průřezu,
- stojanové vrtačky – sloup je nahrazen stojanem - větší tuhost,

- radiální vrtačky – vrtání na velkých a rozměrných součástech,
- souřadnicové vrtačky – vrtání otvorů podle jejich souřadnic,
- programové NC vrtačky – vrtání na menších součástech.

Vrtačky jsou určeny především pro vrtání, vyvrtávání, vystružování a zahlubování. Hlavní pohyb a posuv koná vřetenem stroje s nástrojem. (7)

Otočné (radiální) vrtačky

Jsou určeny pro obrábění otvorů v rozměrných obrobkách. Obrobek je položen na základní desce a vřeteník se přestavuje do potřebné polohy pojížděním po rameni a otáčením ramena kolem sloupu. Rameno je výškově přestavitelné po sloupu, aby bylo možné obrábět různě vysoké obrobky. Hlavní části radiální vrtačky tvoří základová deska, sloup, rameno a vřeteník. (7)



Obr. 3.8 Vrtání statoru původní technologií

3.4.4 Materiály obráběcích nástrojů

Jde o materiály, které se používají na zhotovení rezných klínů nástrojů. Vyhovující funkce a spolehlivost není závislá jen na jejich konstrukci a způsobu výroby, ale je také podmíněna optimálně zvoleným materiálem nástroje a případně i jeho tepelným zpracováním.

Rezné nástroje vnikají svým břitem do obráběného materiálu při vysokém měrném tlaku a oddělují ho ve tvaru odcházející třísky. Každý nástroj je namáhán silovými účinky. Kromě toho větší část práce potřebné k oddělení třísky se mění v teplo. Z toho vyplývá, že je nástroj zatěžován též tepelnými účinky. Oběma uvedeným účinkům musí rezný nástroj odolávat. Je tedy důležité, aby rezný materiál měl vysokou tvrdost a stálost za vysokých teplot.

Dále je požadováno, aby odolával proti otěru a přitom aby vykazoval spolehlivou houževnatost. Tyto požadované vlastnosti závisí na chemickém složení, čistotě výchozích surovin a na technologii výroby včetně tepelných režimů.

Základní vlastnosti řezného materiálu:

- tvrdost převyšující tvrdost obráběného materiálu,
- odolnost proti opotřebení při vysokých teplotách,
- vyhovující tahová a tlaková pevnost,
- vyhovující tepelná vodivost.

Mezi důležité vlastnosti, které určují trvanlivost a výkon břitů nástroje patří žáruvzdornost a žárupevnost. Tyto vlastnosti určují schopnost řezného materiálu zachovat si řezné vlastnosti při vysokých teplotách obrábění.

Otěrůvzdornost je závislá na mechanicko-fyzikálních vlastnostech řezného nástroje i obráběného materiálu. Otěrůvzdornost je schopnost řezného materiálu odolávat třecímu opotřebení. Zvýšit tuto vlastnost můžeme např. použitím povlaků. (6)

Jako nástrojový materiál pro vrtání i soustružení původní technologií je použita rychlořezná ocel.

Rychlořezná ocel

Rychlořezná ocel je jeden z nejvíce používaných nástrojových materiálů pro obráběcí stroje a i přes značné rozšiřování ostatních druhů řezných materiálů si nadále drží své postavení mezi řeznými nástrojovými materiály. Rostoucí znalosti o podstatě a vlastnostech rychlořezných ocelí umožnily mnohá zlepšení a to jak optimalizací jejich chemického složení, tak i zpřesnění tepelného zpracování.

Rychlořezné oceli se rozdělují na:

- rychlořezné oceli pro běžné výkony,
- rychlořezné oceli výkonné,
- rychlořezné oceli vysokovýkonné.

Rychlořezné oceli tvoří samostatnou skupinu vysokolegovaných nástrojových ocelí. Od ostatních ocelí se liší obsahem legujících přísad a také podmínkami tepelného zpracování. V porovnání s uhlíkovými a slitinovými oceli mají v kaleném i popouštěném stavu vysokou tvrdost, velkou odolnost proti otěru, dobrou řezivost a hlavně vysokou odolnost proti popouštění. Vysokou tvrdost si zachovávají i při teplotách řezání kolem 550°C až 650°C. Jsou to bohatě legované oceli s hlavními přísadovými prvky: wolfram, molybden, vanad, chrom a kobalt.

Nástroje z rychlořezné oceli jsou vhodné pro obrábění vyššími výkony a pro zvýšení především otěrůvzdornosti se povlakuje PVD systémem a to nitridem titanu (TiN), karbonitridem (TiCN), nebo kombinací dalších vrstev o síle několika μm . (6)

4 ROZBOR NEDOSTATKŮ SOUČASNÉHO VÝROBNÍHO POSTUPU

Za technologicky vhodnou lze považovat takovou konstrukci, která kromě základních požadavků na funkci nástroje, splňuje následující kritéria:

- nízké výrobní náklady,
- nízká pracnost,
- malá hmotnost,
- optimální materiály,
- sériovost výroby,
- metrologie,
- montáž a demontáž,
- údržba,
- recyklovatelnost a ekologický přístup.

Technologičnost konstrukce je tedy komplexní pojem s řadou technických, ekonomických a ekologických aspektů, a proto je nutné najít kompromis pro splnění efektivnosti výroby. Co však vždy jednoznačně platí, je, že kromě technických parametrů se podnik musí ohlížet také na výrobní náklady, aby byl výrobek na trhu konkurenceschopný.

Jak je zřejmé z původního výrobního postupu, vždy bylo nutné brát v úvahu možnosti strojního vybavení, které bylo k dispozici. K vrtání otvorů bylo potřeba na původním stroji nechat prorýsovat celý odlitek. Vzhledem k větší hmotnosti byla manipulace při přepínání a následném vyrovnávání velmi pracná a zdlouhavá. Při opracování se používalo starých nástrojů z rychlořezné oceli, které neumožňovaly progresivnější otáčky a posuv.

Po opracování na soustruhu se musel obrobek nechat znovu prorýsovat pro vrtání otvorů. K vrtání se používalo šablon, které se musely před samotným vrtáním dle orýsování ustavit a zajistit. Vrtání bylo prováděno klasickými vrtáky, které se musely ručně chladit, na radiální vrtačce. Odjehlení po vrtání musel pracovník provést po vyvrtání ručně. (2)

5 NÁVRH NOVÉ TECHNOLOGIE NA CNC OBRÁBĚCÍM STROJI

V dnešním vysocekonkurenčním prostředí jsou firmy nuceny pokud možno co nejvíce maximalizovat produktivitu práce. Veškeré ekonomické aktivity, podnikání mají společný cíl a to vytvořit zisk. To znamená snížit náklady spojené s provozem zařízení a zvýšit prodej.

Firma Papcel, a.s. prošla za posledních pár let řadou změn. Vedle strukturálních změn, jako bylo zavádění principů controllingu, principů štihlé výroby, zvýšení efektivity vnitřních procesů, se mění i obchodní politika firmy.

Doposud minimální export do zahraničí, kde mezi hlavní odběratele patří papírny z České republiky a Slovenska, se mění na orientaci na nové trhy. Především na oblast východní Evropy – na trhy Ruska, Litvy, Ukrajiny, Lotyšska a Běloruska, ve střední Evropě je to pak především Polsko, v západní Evropě papírny z Německa a Francie.

Zákazníci vyžadují stále nové a výkonnější technologie. V rámci naplnění těchto potřeb prošla firma Papcel, a.s. restrukturalizací s cílem vytvořit obchodně-technickou společnost, která bude pružně reagovat na poptávku zákazníků a současně nabídne kvalitní technické řešení šité na míru.

Snadnou cestou pro splnění těchto požadavků je investice do výroby a technického rozvoje. Jedna z možných variant je renovace staršího stroje za použití moderního řízení CNC.

Je nutné vzít v úvahu i zřejmé náklady na pořízení takového CNC obráběcího centra, které mohou být rozhodující při úvahách o investicích ve firmě. Otázka spočívá v tom, zda investovat nemalé prostředky, jaký přínos bude investice mít a jaká bude její návratnost. Použitím CNC technologie dochází k nahrazení lidské činnosti automatizovanou prací, což umožňuje splnit požadavky moderní výroby. Přínosem je také zjednodušení složitých pracovních operací což je spojeno s úsporou pracovní síly. (8)

5.1 CNC obráběcí centra

K základním vlastnostem obráběcího centra patří jeho vysoká manipulační schopnost, provádění úkonů podle zadaného programu, opětovné zahájení výroby určitého sortimentu bez nutnosti nastavení stroje a možnost přeprogramování. Hlavními přednostmi obráběcích center jsou tedy zejména možnost práce nástroje ve více osách, vysoká přesnost a spolehlivost výrobního zařízení bez nutnosti seřizování, velmi rychlá a pružná výměna nástroje, možnost, ale i nutnost fixace polohy obráběcího dílce při opracování, omezení rozsahu činnosti lidské obsluhy a ponechání její práce v oblasti manipulace a tvorby programu.

Při volbě vybavenosti CNC obráběcího centra je nutno brát v úvahu několik aspektů, které rozhodují o rozsahu použitelnosti, komfortu obsluhy, univerzálnosti a v neposlední řadě o ceně.

Patří mezi ně zejména pracovní rozpětí pracovní hlavy, pojezd v ose Y, velikost pracovního stolu, počet pracovních vřeten, způsob upínání a výměny nástrojů, velikost a řešení zásobníku nástrojů apod. (9)

5.2 Počítačové řízení výrobního procesu

Důležitý je způsob programování obráběcího centra. Prioritou výrobce je maximální zjednodušení ovládacích prvků a přiblížit je obsluze.

Řídicí systém obráběcího centra obsahuje povely ve strojovém kódu a každému povelu je přiřazen určitý konkrétní úkon. Do programu je nutné zadat pro jednotlivé operace odpovídající nástroje. Pro konstrukční přípravu výroby jsou nyní používány grafické programy CAD, které jsou schopny grafického ztvárnění vyráběného dílce.

Tvar a rozměry obrobku lze naprogramovat přímo v počítači centra nebo na samostatném PC. Grafický program je schopen vykreslit jednotlivé křivky, ale jejich převedení do strojového jazyka musí zabezpečit programové vybavení v systému CAM. (9)

Softwarové vybavení ve firmě Papcel, a.s.:

- AutoCAD LT 2004, LT 2006 (s nadstavbou MechSoft),
- Autodesk Inventor 9, 10 Professional a Series (3D strojírenské navrhování),
- SPI (řešení rozvinů plechů složitých tvarů),
- Software pro výpočty metodou konečných prvků:
 - model BACON (příprava a vyhodnocování výpočtu),
 - ASEF (lineární statistika), DYNAM (moderní analýza),
 - STABI (stabilitní problémy),
 - výpočtové prostředí SAMCEF Field (načítání modelů 3D a provádění výpočtů s objemovými prvky),
 - MECANO Structure (výpočty nelineárních problémů). (1)

CAM zabezpečuje NC systém Siemens SINUMERIK 840D, a pro komunikaci s tímto systémem pak slouží CAD/CAM systém CIMATRON.

5.3 Obrábění materiálu z vyšší pevností a tvrdostí

Zvyšující se požadavky na strojní součásti vedou k tomu, že v celé řadě případů není možné použít čisté kovy anebo jejich slitiny. Tato skutečnost je spojena s vývojem a použitím nových kovových materiálů, které mají vlastnosti jako:

- odolnost proti otupení,
- odolnost proti vysoké teplotě,
- odolnost proti agresivnímu prostředí,
- vysoká pevnost a tvrdost.

Zlepšování těchto vlastností kovových materiálů je úzce spojeno s technologickými procesy. Je potřebné vyvíjet nové druhy výkonných rezných materiálů, vyvíjet nové a účinnější rezné kapaliny, zabývat se způsoby přívodu chladících kapalin do oblasti řezu, ohřevem oblastí řezu apod.

Materiály s vyšší tvrdostí a pevností, korozivzdorné, žáruvzdorné a žárupevné obsahují železo, nikl, titan, molybden, niob, wolfram, případně prvky další. Takové speciální oceli mají vysokou pevnost při teplotě do 700°C,

slitiny na bázi niklu do 1100°C, slitiny na bázi molybdenu a niobu do 1500°C a slitiny na bázi wolframu do 2000°C.

Základní příčinou horší obrobitelnosti těžkoobrobitelných materiálů je nadměrné silové a teplotní zatížení břitu obráběcího nástroje. Pro většinu těžkoobrobitelných materiálů je charakteristická nepříznivá nízká tepelná vodivost a z toho důvodu vysoká teplota v místě řezání. (8)

Obrábění slinutými karbidy

Součástky z těžkoobrobitelných ocelí a slitin lze obrábět následujícími skupinami slinutých karbidů:

- wolframové SK, jejichž struktura obsahuje zrna karbidu wolframu spojené s kobaltem,
- titan – wolframové SK, jejichž struktura obsahuje karbid titanu a karbid wolframu spojené kobaltem,
- titan – tantal – wolframové SK, jejichž struktura obsahuje zrna tuhého roztoku karbidu titanu, karbidu tantalu a karbidu wolframu spojené kobaltem,
- slinuté karbidy povlakované. (10)

Obrábění rychlořeznými ocelmi

Rychlořeznou ocel pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů lze rozdělit do tří skupin:

- wolframové a wolfram – molybdenové RO s běžnou odolností proti zvýšeným teplotám 615 - 620°C,
- wolfram – kobaltové, wolframové a wolfram – molybdenové s kobaltem a vanadem RO se zvýšenou odolností proti teplotám 625 - 640°C,
- „bezuhlíkové“ (u těchto ocelí je uhlík zastoupen pouze svým obsahem v železe, a to znamená setinami respektive tisícinami % do 0,03 % C) a uhlíkové RO s vysokou odolností proti teplotám 700 - 725°C. (10)

5.3.1 Nástroje pro obrábění těžkoobrobitelných materiálů

Soustružení

Součásti z těžkoobrobitelných ocelí a slitin se soustruží a vrtají nástroji z SK. Nástroje z RO se používají při obrábění přerušovaných řezů nebo při řezání závitů. Při soustružení součástí z těžkoobrobitelných materiálů na soustružnických automatech je možné použít jak nástroje z RO, tak i nástroje ze slinutých karbidů.

Na trvanlivost nástrojů pro soustružení má největší vliv tuhost technologické soustavy obrábění.

Pro soustružení se používají především soustružnické nože z rychlořezné oceli a nože s břitovými destičkami ze slinutého karbidu. Mezi určující údaje pro velikost nože patří charakter práce, použitý stroj a řezné podmínky. Volba vhodného druhu RO je úzce spojena s technologickým postupem výroby konkrétní součásti. Správná volba jednotlivých úhlů nástroje ovlivňuje trvanlivost a tím i životnost celého nástroje.

Řezné destičky mohou být z různých řezných materiálů a jejich volbu podřídíme požadavkům, které na daný soustružnický nůž máme. Při výběru se řídíme doporučením výrobce.

Pro soustružení závitů se používají nože s destičkami z SK. Při obrábění speciálních závitů s velkým stoupáním nad 3 mm a jemných závitů vnitřních, když nelze použít optimální řezné rychlosti odpovídající slinutému karbidu, se používají nástroje z RO. (10)

Vrtání

Součástky z ocelí odolných proti teple je možné vrtat standardními vrtáky z RO, vrtáky z výkonných rychlořezných ocelí odolných proti tepelnému namáhání, vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami (VBD) ze slinutých karbidů nebo stupňovité vrtáky.

Šroubovité vrtáky se používají s vnitřním přívodem řezné kapaliny. Vývoj šroubovitých vrtáků směřuje k přizpůsobování nástroje obráběným materiálům. Nová provedení se vyznačují zvětšeným prostorem pro odchod třísky, zlepšeným chlazením, zesíleným jádrem a speciálním naostřením řezné části. Nástroje určené pro vrtání do tvrdých materiálů mají menší sklon šroubovice. Obdobně se volí i úhel špičky vrtáku.

Pro zkrácení vrtacího času, pracovního taktu a počtu obsazení vřeten jsou konstruovány stupňovité šroubovité vrtáky.

Stupňovité vrtáky se tvoří z normálních vrtáků (nákladné) přebroušením jejich přední části na požadovaný průměr a délku. Provádí se na vhodné brusce.

Takto upravený vrták má na prvním stupni značně zmenšený prostor pro odvod třísky. To může způsobit zadírání nebo i lom vrtáku. Vrtací část bez fazetky nevhodně vede vrták. Kvalitnější je konstrukce vrtáku, která má malý průměr vybaven fazetkami, takže fazetky jsou na jednotlivých stupních. Fazetky odstraňují nevýhody prvního stupňovitého vrtáku a zvyšují podstatně výkonnost uvedeného speciálního vrtáku.

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů jsou výkonné a přesné při vrtání krátkých otvorů ($L:D = 2:1$) jak průchozích, tak i slepých.

Tvar destiček se volí trojúhelníkový, čtvercový, kosočtvercový i šestiúhelný z různých druhů SK. Na jednom vrtáku je možno použít i kombinace různých tvarů destiček. Tento vrták vyžaduje dobré řezné prostředí ke chlazení a k odstraňování velkého množství třísek. (10)

Frézování

Pro frézování se používají válcové frézy z RO nebo z SK s vhodnou geometrií břitu, v závislosti na obráběném materiálu. Dále frézy s řeznými destičkami. Mohou být vyrobeny jako monolitní ze slinutého karbidu nebo s vloženými řeznými destičkami, buď připájenými, nebo mechanicky upnutými v tělese frézy.

Převážně pro frézování rovinných ploch se také používají frézovací hlavy, které jsou osazeny SK destičkami, pájenými nebo upnutými.

Z hlediska konstrukce frézovacích hlav se prakticky ustálily tři druhy geometrie:

- frézovací hlavy s negativní geometrií – jsou vhodné pro obrábění ocelových a litinových součástek, jsou určeny pro velké zatížení bříty a pro těžce obrobitelné materiály,
- frézovací hlavy s pozitivní geometrií – jsou vhodné k obrábění oceli a litiny všude tam, kde příkon nebo tuhost obráběcího stroje jsou nižší, je možno obrábět i slitiny hliníku a legované litiny,
- frézovací hlavy s pozitivně negativní geometrií – při obrábění oceli a slitin mědi, vhodné i pro větší úběr u litiny.

Směr vývoje frézovacích nástrojů je především zaměřen do oblasti využití vysoce výkonných řezných materiálů. Jedná se především o řezné elementy ze slinutých karbidů (povlakovaných a nepovlakovaných), supertvrdých řezných materiálů, polykrystalický diamant (PKD), polykrystalický nitrid bóru (PKNB) povlakovaný a nepovlakovaný. I přes vývoj v této oblasti použití SK, PKD, PKNB na frézovací nástroje, neztrácí stále svůj význam výroba a použití fréz z nástrojové rychlořezné oceli, především u menších a tvarových nástrojů. Tyto nástroje se povrchově povlakuji systémem PVD převážně TiN.

Nástroje z rychlořezných ocelí a nástrojových ocelí jsou podstatně levnější a často ekonomicky výhodnější ve vlastní výrobě. Volbu nástroje je třeba vždy podřídit dané potřebě a efektivnosti ve výrobě. (10)

5.4 Využití slinutých karbidů při obrábění statoru

Základní vlastností slinutých karbidů je jejich vysoká tvrdost a velká odolnost proti opotřebení při vyšších teplotách. Jsou nejpevnějšími materiály mezi tvrdými nástrojovými materiály a mohou být použity pro obrábění vysokými posunovými rychlostmi. Mají také dobrou pevnost v tlaku, odolnost proti korozi, malý součinitel tepelné roztažnosti a špatnou tepelnou a elektrickou vodivost. Jsou však křehké a mají sklon k vydrolování břitů.

Tyto vlastnosti nástrojů ze slinutých karbidů umožňují obrábět kalenou ocel, bílou litinu, sklo a podobné velmi tvrdé materiály, které dříve nebylo možno obrábět. Pro slinuté karbidy můžeme v porovnání s rychlořeznou ocelí zvýšit 5 - 8x řeznou rychlost. Nedostatkem slinutých karbidů je jejich velká křehkost a malá ohybová pevnost. Slinuté karbidy tvoří základ pro rychlostní obrábění kovů. Jsou vyráběny práškovou metalurgií a jejich struktura je dána prostorovou mřížkou z karbidových krystalů, které jsou spojeny pojivem. Pojivo je roztok karbidů v kobaltu.

Slinuté karbidy s jemnou strukturou jsou odolnější proti otěru, zatímco s hrubší strukturou jsou houževnatější. Pro obrábění za vysokých rychlostí a pro středně náročné operace má být struktura výrobků jemná, zatímco pro hrubovací práce je lepší středně hrubá velikost zrn. (11)

Monolitní vrtáky ze slinutého karbidu

V důsledku rychlého rozvoje nových konstrukčních řešení a nových druhů nástrojových materiálů je sortiment nabídky vrtacích nástrojů ze slinutých karbidů poměrně široký.

Pro nižší hodnoty průměrů vrtaných děr, v rozsahu asi 1,5 - 20 mm, jsou dodávány zejména šroubovitě vrtáky, které jsou celé vyrobeny z jednoho kusu slinutého karbidu (tzv. „celokarbidové“ nebo „monolitní“) nebo mají ocelové tělo a pájenou břitovou destičku z SK.

Nástroje jsou vyráběny s vnitřním přívodem chladicí kapaliny nebo bez vnitřního přívodu chladicí kapaliny do místa řezu (celokarbidové vrtáky od průměru 5,8 mm, šroubovitě vrtáky s pájenou břitovou destičkou od průměru 9,5 mm). (12)

Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu

Mezi nejčastěji užívané konstrukce současných špičkových vrtacích nástrojů patří vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutého karbidu, v případě 4 a více destiček mají tyto destičky samostatnou kazetu, s otvory pro přívod chladicí kapaliny.

Tyto typy vrtáků jsou vyráběny v rozsahu průměrů zhruba od 18 mm do 80 mm, někteří výrobci dodávají i menší nebo naopak větší průměry.

Pro vrtání děr o průměru nad 50 mm jsou často užívány i tzv. vrtáky na jádro, které prakticky nevrtají, ale vykružují materiál v mezikruží dané šířky, přičemž jádro zůstává neporušené.

Významně ovlivní proces vrtání monolitními nástroji SK způsob chlazení místa řezu. Klasické vnější chlazení těchto nástrojů neumožní využít jejich výkonnost ani dosáhnout optimální trvanlivosti.

Proto se využívá vnitřního chlazení, tzn. vedení chladicího média kanálky v tělese vrtáku. Provedení s jedním kanálkem v ose je doporučováno pro vrtáky s pájenými destičkami SK, které se většinou přestřihují jen 2 - 3x. Pro monolitní vrtáky SK je vesměs používána konstrukce se dvěma nebo třemi kanálky ve šroubovici. Výrobci uvádí, že vyšší cena tohoto provedení je vyvážena možnostmi většího počtu přestřžení vrtáku (8x i více).

Pro dosažení optimální trvanlivosti nástroje je důležité stanovení vhodného tlaku chladicího média. Ukázalo se, že zvyšováním tlaku chladicí kapaliny se prodlužuje trvanlivost nástroje až po dosažení určité hodnoty, která se již při dalším zvyšování tlaku nemění. Tento optimální tlak je závislý na vlastnostech obráběného materiálu a konstrukci nástroje (počtu břitů, tvaru drážek apod.).

Pro chlazení se vesměs používají buď emulze rozpustných olejů, nebo řezné oleje. Z hlediska trvanlivosti vrtáků je výhodnější řezný olej, u něhož lze v porovnání s emulzí dosáhnout zvýšení trvanlivosti až o 100 %.

Je třeba zdůraznit, že plné využití všech předností monolitních vrtáků SK je podmíněno splněním požadavků na obráběcí stroje z hlediska přesnosti, výkonu, rozsahu otáček vřetene a posuvů, tuhosti a chladicího systému.

Přitom přesnost a tuhost se netýká jen jednotlivých částí stroje, ale i konkrétního uspořádání vlastní operace vrtání. Např. na výsledném házení břitů vrtáku upnutého na stroji se podílí přesnost vřetene, upínacích elementů

a samotného nástroje. Házení vřetene stroje zvětšuje zatížení a namáhání vrtáku. Vyšší házení vřetene negativně ovlivňuje trvanlivost nástroje. Jako spolehlivé upínací systémy vrtáků SK zajišťující minimální házení se ukázala hydraulická sklíčidla. (12)

6 NÁVRH OBRÁBĚCÍHO STROJE

Jedna z největších investic, pro kterou se firma Papcel, a.s. v rámci inovace rozhodne, je nákup a instalace nové horizontální vyvrtávačky což je nepochybně řešení nejen pro efektivnější a kvalitnější výrobu statorů pro rozvlákňovače LCV, ale i pro řadu dalších velkorozměrných součástí vyráběných ve firmě Papcel, a.s. Litovel.

Výběrové řízení

Pro stanovení vhodného dodavatele bylo nutné vypsát výběrové řízení, kterého se zúčastnilo několik dodavatelů z domácího trhu, ale i ze zahraničí. Jsou to společnosti PAMA, s.p.a. Itálie, JUARISTI TS COMERCIAL, S. L. Španělsko, SORALUCE Španělsko a SHW Werkzeugmaschinen GmbH Německo. Mezi přední české dodavatele se specializací na horizontální frézovací a vyvrtávací stroje patří TOS Varnsdorf, a.s., TOS KUŘIM - OS, a.s. a ŠKODA MACHINE TOOL, a.s. se sídlem v Plzni.

Důležité parametry pro výběr dodavatele jsou:

- parametry stroje,
- cena včetně montáže,
- dodací lhůta,
- platební podmínky,
- servisní práce,
- dostupnost náhradních dílů.

Tato kritéria vybědnu firmu Papcel, a.s. sáhnout po českém dodavateli. Do nejužšího výběru postoupí firma ŠKODA MACHINE TOOL, a.s. Plzeň a TOS Varnsdorf, a.s.

Krom výše uvedených parametrů je také důležité příslušenství stroje, které rozšiřuje technologické možnosti a zvyšuje produktivitu práce, spolehlivost a vysoká výkonnost, ovládání stroje, provedení stroje z hlediska bezpečnosti práce a v dnešní době, kdy ceny energií neustále rostou, se stále častěji upřednostňují stroje a zařízení s nízkou spotřebou energie.

Z nabízeného sortimentu je nakonec přijata nabídka na CNC horizontální frézovací a vyvrtávací stroj ŠKODA FCW 150 od firmy ŠKODA MACHINE TOOL, a.s.

ŠKODA MACHINE TOOL, a.s. je přední světovou firmou s výrobou a montáží těžkých horizontálních frézovacích a vyvrtávacích strojů, těžkých soustruhů, otočných stolů, speciálního příslušenství a mnoha dalších produktů.

Soustřeďuje se na vývoj nových vysoce sofistikovaných strojů s NC řízením s nejvyšším stupněm automatizace a širokým okruhem použití vyhovujícím jakémukoliv požadavku zákazníka.

Výrobky ŠKODA MACHINE TOOL, a.s. se vyznačují vysokou výkonností, pokrokovým technickým řešením a spolehlivostí. Právě horizontální vyvrtávačky tvoří klíčové výrobky této firmy. Horizontková pracoviště je možné

vybavit otočnými stoly typu TDV s nosností od 25 do 250 tun a řadou různých frézovacích a vyvrtávacích hlav a dalšího příslušenství.

Společnost vlastní certifikát systému kvality ISO 9001. (4)

6.1 Horizontální vyvrtávací stroje

Vodorovné vyvrtávačky jsou univerzální stroje, jak co do druhu prací, tak co do rozměru a tvaru obrobku. Na těchto strojích je možno vrtat, vyvrtávat, vyhrubovat, frézovat, vystružovat apod. Umožňují přesné nastavení souřadnic obráběných ploch při dosažení poměrně značné jakosti obrobených povrchů. Nejčastěji se používají pro obrábění nerotačních součástí s větším počtem rovnoběžných, popř. na sebe kolmých děr s přesnými roztečemi. Řezný pohyb vykonává rotující nástroj, posuv do řezu koná nejčastěji pracovní stůl s obrobkem. Velikost vodorovných vyvrtávaček se posuzuje podle průměru vyvrtávacího vřetená. Používají se v kusových a sériových výrobcích.

Základem stroje je vřeteník s vodorovnou osou vřetená, který se posouvá po svislém vedení stojanu. Dílec je upnut na stole nebo na upínací desce. Vodorovné vyvrtávačky menších rozměrů se vyrábějí nejčastěji v provedení s otočným stolem, posuvným ve dvou k sobě kolmých směrech. Na loži je připevněn hlavní stojan se svisle přestavitelným vřeteníkem a pro podepření dlouhých vrtacích tyčí slouží posuvný stojan s opěrným ložiskem, které se výškově přestavuje současně s vřeteníkem. Vřeteník obsahuje kromě výsuvně uloženého vřetená převody pro pohon vřetená a lícní desky, převody pro pracovní posuvy vřetená, pro podélný a příčný posuv stolu. (13)

6.2 CNC horizontální frézovací a vyvrtávací stroj ŠKODA FCW 150

Stroj Škoda FCW 150 umožňuje vyrábět stroje do pracovní šíře 8000 mm. Kromě zvýšené přesnosti je výhodou CNC vyvrtávacího stroje jeho pětinasobná rychlost obrábění. Umožňuje přesné měření součástek, je řízen numericky a díky nejnovějšímu systému elektronické poruchové diagnostiky, který používá osvědčené metody výpočtu a při výrobním procesu neustále provádí snímání součástky, otočného stolu a zabudované horizontální vyvrtávačky, lze dosáhnout vysoké operační produktivity a přesného obrábění. Pro zajištění základních funkcí stroje je použit NC systém Siemens SINUMERIK 840D. Následující obrázky ukazují stroj ŠKODA FCW 150 v pracovním procesu. (14)



Obr. 6.1 Pojízdná plošina obsluhy s kabinou



Obr. 6.2 Pevně sešroubovaný stojan



Obr. 6.3 Otočný stůl TDV 4



Obr. 6.4 Centrální ovládací panel

6.3 Technické parametry stroje

Tabulka č. 6.1 informuje o technických parametrech stroje ŠKODA FCW 150.

Tab. 6.1 Technické parametry stroje Škoda FCW 150 (14)

HLAVNÍ TECHNICKÉ PARAMETRY STROJE	
Velikosti pojezdu:	
Osa X - stojan po loži [mm]	8000
Osa Y – vřeteník po stojanu [mm]	3000
Osa W – výsuv vrtacího vřetena [mm]	800
Osa Z – výsuv smykadla [mm]	900
Osa W+Z – výsuv vřetena a smykadla [mm]	1700
Vřeteník:	
Průměr vrtacího vřetena [mm]	150
Středící průměr na frézovacím vřetenu [mm]	221, 45 h5
Upínací kužel pro nástroje	ISO 50
Otáčky vřetena plynule regulovatelné ve dvou mech. stupních [1/min]	10 – 3 000
Pohon vřetena [kW]	40
Max. moment na vřetenu stroje [Nm]	2200
Průřez smykadla [mm]	360 x 400
Posuvy:	
Rychlosti posuvů:	
Osa X [mm/min]	1 – 20 000
Osa Y [mm/min]	1 – 20 000
Osa Z a W [mm/min]	1 – 10 000
Vodící plochy:	
Šířka vedení lože [mm]	1220
Šířka vedení stojanu [mm]	1140
Přesnost polohování podle VDI/DGQ 3441:	
Pro přímé odměřování os X, Y, Z:	
Přesnost polohování [mm]	P = 0,015/1 000
Systematická odchylka [mm]	Pa = 0,010/1 000
Rozptyl polohování (střední) [mm]	Ps = 0,008
Odchylka při reverzaci (střední) [mm]	U = 0,005
Pro každých dalších 1000 mm se P a Pa zvyšuje o 0,005 mm	
Pro nepřímé odměřování osy W:	
	P = 0,030/1 000
	Pa = 0,020/1 000
	Ps = 0,010
	U = 0,010

6.4 Složení pracoviště stroje ŠKODA FCW 150

Pracoviště je složeno z následujících položek:

- CNC horizontální frézovací a vyvrtávací stroj FCW 150 NC 3/8 m s NC systémem Siemens SINUMERIK 840D,
- samostatně pojízdná plošina obsluhy s kabinou,
- zařízení pro chlazení nástrojů vnější a osou vřetena,
- prodloužení pojezdu stroje v ose X o 1 m,
- kotevní materiál pro stroj – prodloužení o 1 m,
- prodloužení pojezdu stroje v ose Y o 0,5 m,
- kotevní materiál pro stroj s pojezdem X = 8 m,
- otočný stůl ŠKODA typ TDV 4,
- kotevní materiál pro lože otočného stolu TDV 4,
- úhlová frézovací hlava IFVW 206/50/FCW. (14)

Popis stroje

Lože stroje, spodek stojanu, stojan a vřeteník jsou odlitky z šedé litiny, používané pro pojezdy a obsahují kompaktní valivá vedení. Smykadlo, odlitek z temperované litiny, s automatickým vyrovnáním průhybu při výsuvu ze vřeteníku, zahrnují nevýsuvné frézovací vřeteno, výsuvné vrtací vřeteno, vrtací vřeteno uloženo kluzně ve frézovacím vřetenu, přívod chladicí kapaliny středem vřetena, hlavní pohon přes dvoustupňovou převodovku s oběhovým mazáním oleje, úhlově orientované zastavení vřetena (rotační snímač), mechanizované upínání nástrojů v libovolné poloze vřetena s kleštinovým upínacím nastavcem podle DIN 69872, přívod energií na čelo smykadla k mechanizovanému upnutí technologického příslušenství na čelo smykadla, pomocné funkce, chladicí kapalina, vzduch, kotoučová brzda hlavního pohonu.

Velkou předností je otočný stůl TDV 4 pro pracovní pojezdy 2500 mm a s otáčením desky stolu 360°. Hydrostatika zajišťuje plynulé otáčení i při maximálním zatížení upínací desky. Další velkou výhodou je vybavení stroje frézovací hlavou IFVW 206/50/P-FCW s rozsahem otáčení ve dvou osách 0° až 360°, v provedení pro automatické upnutí na čelo smykadla. Upínání nástrojů je automatické tahem kleštiny a maximální otáčky jsou 2000 1/min. Přívod chladicí kapaliny je středem vřetena. (14)

Ovládací místo stroje

Centrální ovládací panel pro ovládání celého stroje se všemi ovládacími a kontrolními přístroji je umístěn otočně na podstavci na ovládací plošině. Ovládací plošina je obvykle pevná plošina spojená a pojízdná v ose X se spodkem stojanu. Součástí stroje je také přenosný ovládací panel s omezeným počtem funkcí, s elektronickou ruční klikou a s kabelem délky 6 m, maximálně 10 m. (14)

Hydraulický systém stroje

Skládá se z obvodu k mazání pohonné skříně pro pohon vřetena a finálního pohonu, obvodu pro teplotní stabilizaci olejové náplně ve smykadle a obvodu pro pomocné funkce stroje. Teplota okolí pro řádnou funkci hydraulického systému musí být zajištěna v rozsahu + 5°C až + 40°C. Hydraulický agregát je umístěn na stroji. Stroj se dodává bez olejové náplně.

Rozvod tlakového vzduchu pro ofukování nástroje a čištění dutiny je umístěn ve vřetenu stroje při výměně nástrojů. Zabezpečuje správné vniknutí chladicí kapaliny a umožňuje těsnění odměřovacích systémů a těsnění vybraných druhů technického příslušenství přetlakem. (14)

Pro měření přesnosti stroje platí následující podmínky:

Stroj je ukotven na základu v uzavřené hale bez průvanu a přímého slunečního světla a bez vlivu lokálních zdrojů tepla nebo chlazení. Rozsah teploty ve výrobní hale se pohybuje od + 15°C až do + 35°C. Změny teploty nesmějí překročit $\pm 2^\circ\text{C}$ při měření a také 12 hodin před měřením. V blízkosti instalovaného stroje nesmí pracovat žádná zařízení, která způsobují vibrace nebo rázy. (14)

Provedení stroje z hlediska bezpečnosti práce a ochrany zdraví

Stroj je proveden podle bezpečnostního konceptu (ŠMT) pro splnění podmínek značky CE, které platí v zemích Evropské unie. Stroj se ovládá ve všech pracovních režimech z centrálního ovládacího panelu. K zabezpečení celého strojního zařízení a dodržení všech předpisů a bezpečnosti práce a ochraně zdraví je určena celá řada opatření. Obsluhovací plošina s kabinou chrání obsluhu před účinky rezného procesu. Ovládání stroje z pomocného panelu je možné jen v režimu seřizovacím a testovacím.

Pracovní oblast (upínací plocha, otočný stůl) před strojem může být rozdělena do více oblastí. V těchto oblastech je pak možné buď upínat, nebo obrábět. Podle předpisů stanovených zákonem musí být také pracovní oblast zabezpečena proti vstupu neoprávněných osob. (14)

6.5 Počítačové řízení stroje ŠKODA FCW 150

Pro komunikaci s NC systémem Siemens SINUMERIK 840D CNC, který zajišťuje základní funkce stroje Škoda FCW 150, se použije CAD/CAM systém CIMATRON.

CAD/CAM systém CIMATRON

Jedná se o modulární, parametrický a plně asociativní CAD/CAM systém, který nabízí řešení pro konstrukční kanceláře, technologická oddělení a výrobní organizace. Lze jej charakterizovat jako strojírensky orientovaný produkt pro 2D/3D projektování a konstruování s možností vytváření asociativní výkresové dokumentace a generování NC programů. Cimatron, integrované řešení pro široký rozsah obráběcích aplikací, urychlí a zkvalitní výrobní cyklus. CAM řešení je určeno pro 2,5 – 5 osé NC frézování, soustružení, vrtání a další aplikace. (14)

C120 NC systém Siemens SINUMERIK 840D

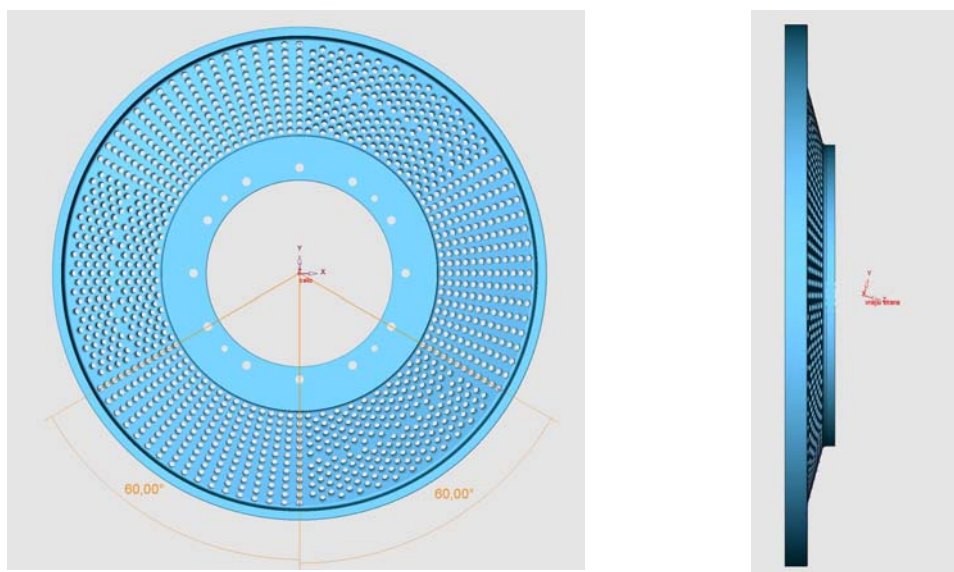
Vlastnosti NC systému Siemens SINUMERIK 840D:

- hlavní ovládací panel s barevným displayem 12,1" SVGA,
- Panel Kontrol Unit s harddiskem, paměť 256 MB RAM,
- software HMI Advanced v jazykových verzích německy, anglicky, francouzsky, italsky, španělsky,

- ruční panel pro ruční ovládání s elektronickým kolečkem, indikací polohy, tlačítkem nouzového zastavení a bezpečnostními tlačítky,
- řízené osy: 4 + vřeteno pro základní stroj (max. 30 os),
- pohony posuvů, pohon vřetena, omezení otáček, řezání závitů, orientovaný stop, konstantní řezná rychlost, řízení vřetena přes PLC,
- programovací jazyk 66025 a elementy vyššího jazyka, programování paralelně k obrábění, textový editor s maskami,
- zadávání rozměrů v milimetrech nebo palcích, projektovatelný počet nulových bodů,
- technologické cykly pro vyvrtávání a frézování,
- výpočet kontur pro programování a grafické znázornění komplexních kontur obrobku, simulace 2D/3D univerzální interpolátor NURBS, transformace souřadnic a šikmé obrábění FRAME (posun, otáčení, měřítko, zrcadlení),
- kompenzace chyby odměřování, CNC uživatelská paměť pro programy a data 1,5 MB,
- diagnostické funkce NC, PLC a stroje s texty a pomocí pro obsluhu, indikace výkonu vřetena, datová komunikace,
- Sinumerik Safety Integrated: integrovaná bezpečnostní technika pro člověka a stroj,
- kontakt pro zabezpečení servisu: pohotovost servisního personálu Siemens. (14)

6.5.1 Ovládací programy (4, 15, 17)

Ovládací programy jsou vytvořeny pomocí příručky programování SINUMERIKU 840D.



Obr. 6.5 Model statoru z programu Inventor

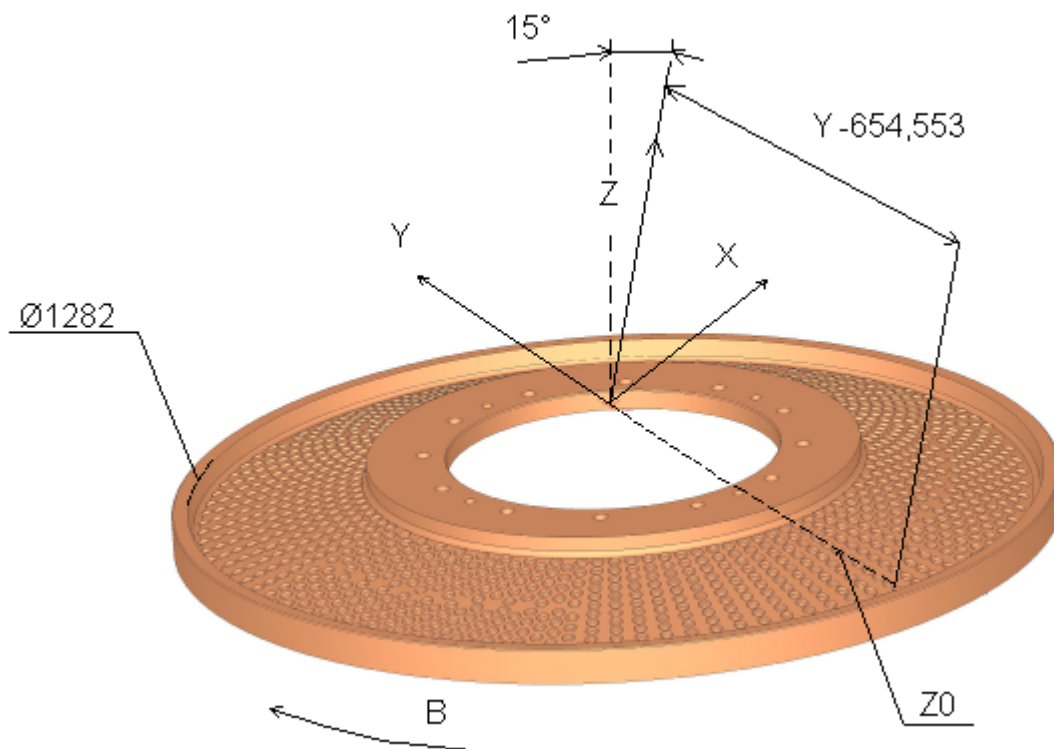
Vrtání stupňovitým vrtákem

Najetí počátku (pomocí sondy) dle:

X0 – střed statoru,

Y0 – odjeď od hrany vnitřního průměru D1282 – viz náčrtek Y-654,553,

Z0 – na vnější kuželové ploše.



Obr. 6.6 Model statoru z programu Inventor

```

; vrtani_drazky_D16_D19
; VRTAK D16/D19
; Prumer : 19.
; Radius : 0.0
N102 M05
N103 M00
N104 T318
N105 M06
N106 S1200 M03 F120.
N107 R1=3.75 ; otoceni B osy_pristek
N108 R2=0 ; otoceni B osy na 1. kruh. vysec
N109 R3=120. ; otoceni B osy na 2. kruh. vysec
N110 R4=240. ; otoceni B osy na 3. kruh. vysec
N111 BEGIN1:
N112 G00 B=R2
N109 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,26.)
N110 X0.0 Y-400.054
N111 X0.0 Y-422.054
N112 X0.0 Y-444.054

```

```
N113 X0.0 Y-466.054
N114 X0.0 Y-488.054
N115 X0.0 Y-510.054
N116 X0.0 Y-532.054
N117 X0.0 Y-554.054
N118 X0.0 Y-576.054
N119 X0.0 Y-598.054
N120 X0.0 Y-620.054
N121 X0.0 Y-642.054
N122 MCALL
N123 R2=R2+R1
N124 REPEAT BEGIN1 P=16
N125 BEGIN2:
N126 G00 B=R3
N109 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,26.)
N110 X0.0 Y-400.054
N111 X0.0 Y-422.054
N112 X0.0 Y-444.054
N113 X0.0 Y-466.054
N114 X0.0 Y-488.054
N115 X0.0 Y-510.054
N116 X0.0 Y-532.054
N117 X0.0 Y-554.054
N118 X0.0 Y-576.054
N119 X0.0 Y-598.054
N120 X0.0 Y-620.054
N121 X0.0 Y-642.054
N122 MCALL
N123 R3=R3+R1
N124 REPEAT BEGIN2 P=16
N125 BEGIN3:
N126 G00 B=R4
N109 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,26.)
N110 X0.0 Y-400.054
N111 X0.0 Y-422.054
N112 X0.0 Y-444.054
N113 X0.0 Y-466.054
N114 X0.0 Y-488.054
N115 X0.0 Y-510.054
N116 X0.0 Y-532.054
N117 X0.0 Y-554.054
N118 X0.0 Y-576.054
N119 X0.0 Y-598.054
N120 X0.0 Y-620.054
N121 X0.0 Y-642.054
N122 MCALL
N123 R4=R4+R1
N124 REPEAT BEGIN3 P=16
N125 G00 Z200.
```

N126 M30

Alternativní řešení

Vhodným řešením, které můžeme použít, a také bylo původně navrženo, je vrtání drážky pomocí dvou SK vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami $\varnothing 16$ a $\varnothing 19$.

Řezné podmínky

SK vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami $\varnothing 16$, dodavatel firma SANDVIK COROMAT:

- otáčky $n = 1500 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 150 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 76 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

SK vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami $\varnothing 19$, dodavatel firma SANDVIK COROMAT:

- otáčky $n = 1400 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 140 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 84 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Vrtání v segmentech

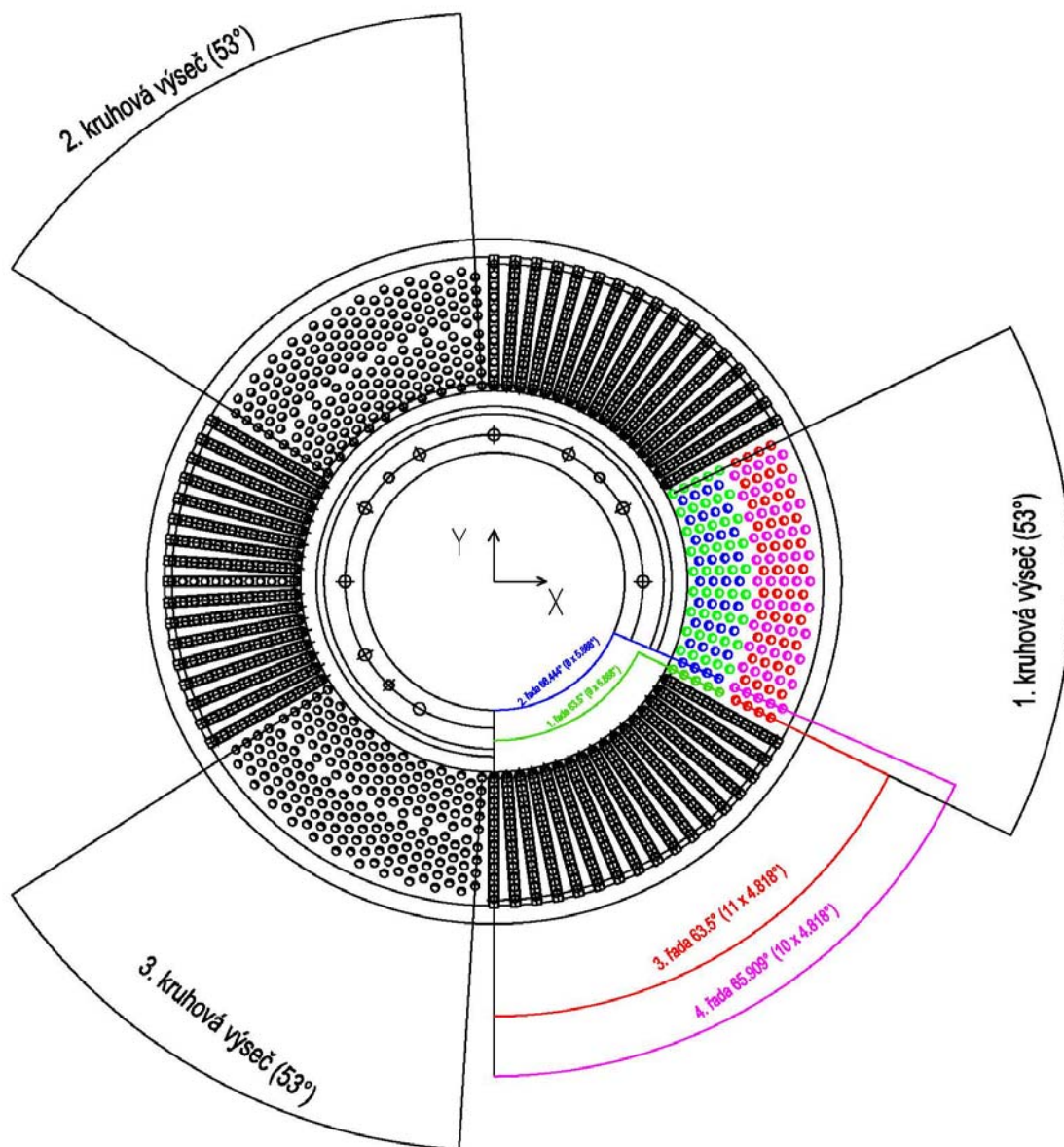
Na Obr. 6.7 je schéma vrtání děr v jednotlivých segmentech. Z důvodu technologie zpracování papíru je stator rozdělen do 6 segmentů (výsečí), z nichž tři jsou profilované a tři jsou hladké. Všechny segmenty jsou symetrické.

Na profilovaných segmentech dochází k intenzivnímu trhání papíru díky frikčním silám vznikajícím v papíru účinky statoru a rotoru. Rozdělení na hladkou a profilovanou část je z důvodu adekvátní průtočnosti, kterou musí stator, respektive rozvlákňovač splňovat. V místech, kde nejsou drážky je díky systému dvouzónového vrtání větší průtočnost (dle velikosti síta je diference v průtočnosti od 5 do 40%). Kdyby bylo celé síto profilované, průtočnost by mohla klesnout pod kritickou mez.

Zpracovávaná látka (tetra-pac, vysoce klížené papíry, apod.) je kalibrována přes bicylidrické otvory, které zamezují ucpávání síta. Ze spodní strany otvory nesmí kolidovat a minimální přípustný můstek mezi odlehčovacími otvory jsou 2mm. Z pracovní plochy jsou otvory vrtány na $\varnothing 16 \text{ mm}$, ze strany výtokového tělesa pak na $\varnothing 19 \text{ mm}$.

Díky drážkám je na segmentech také různé rozložení otvorů a tudíž dva systémy vrtání. Z Obr. 6.7 je patrné, že hladké segmenty jsou rozděleny na „modro-zelené“ a „červeno-fialové“ pásmo. Otvory jsou zde vůči sobě přesazeny a o určitý úhel posunuty tak, aby otevřená plocha síta na hladkém segmentu byla co největší, stator neztratil svoji pevnost a zároveň nedošlo ke kolizi otvorů z nepracovní strany ($\varnothing 19 \text{ mm}$) a tím k jeho otevření. Otevření síta by vedlo k snížené účinnosti samočištění a dále k reklamaci síta ze strany

zákazníka. Mezi modrou a zelenou řadou je větší úhel než mezi červenou a fialovou a otvory jsou tak k sobě přiblíženy.



- 1. řada 63.5° (9 x 5.888°)
- 2. řada 66.444° (8 x 5.888°)
- 3. řada 63.5° (11 x 4.818°)
- 4. řada 65.909° (10 x 4.818°)

Obr. 6.7 Schéma vrtání děr v jednotlivých výsečích (4)

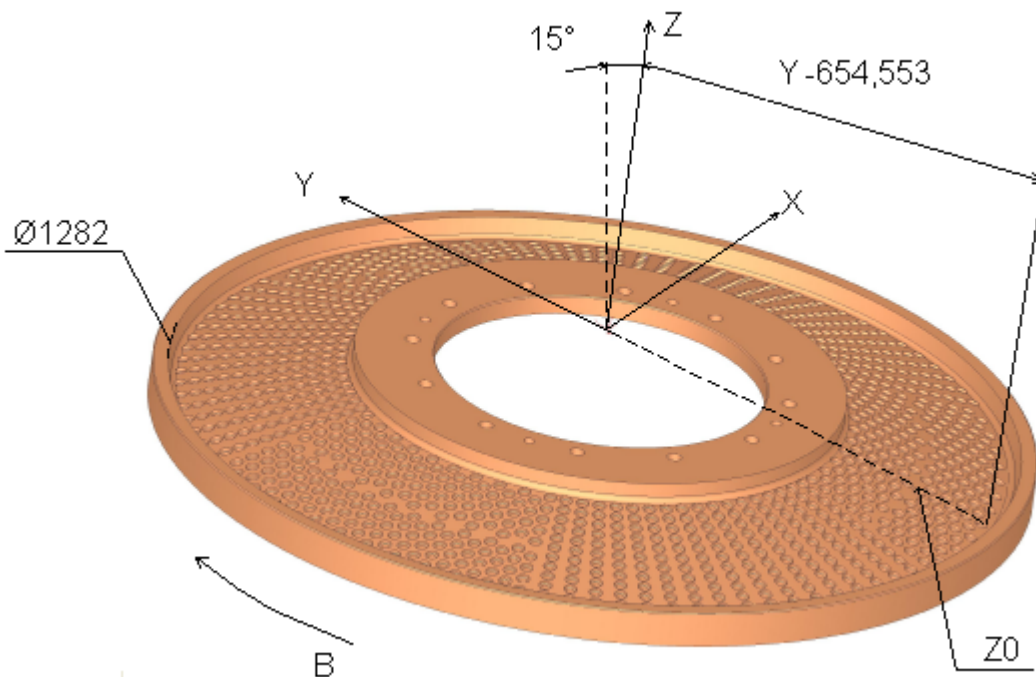
Programy vrtání 1. – 4. řady neprofilovaného segmentu

Najetí počátku (pomocí sondy) dle:

X0 – střed statoru,

Y0 – odjeď od hrany vnitřního průměru D1282 – viz nákres Y-654,553,

Z0 – na vnější kuželové ploše.



Obr. 6.8 Model statoru z programu Inventor

;Soubor : 5540_067_002_d1

; Cimatron E postprocessor

; ver.2.3 - S840D-3X

; 2009/04/20

; Tabulka nástroju :

; T="VRTAK D16/D19" D=19. R=0.0 ;T318 vyloženi:200.

; vrtani_1rada_der

N100 G90 G17 G54 G40

;N101 CYCLE800(1,"IFVW206",0,57,0,0,0,-75,0,0,0,0,1)

N102 M05

N103 M00

N104 T318

N105 M06

N106 S1200 M03 F120.

N107 R1=5.888 ;otoceni B osy - prirustek

```
N108 R2=63.5 ;otoceni B osy na 1. kruh. vysec
N109 R3=183.5 ;otoceni B osy na 2. kruh. vysec
N110 R4=303.5 ;otoceni B osy na 3. kruh. vysec
N111 R5=26. ;hloubka vrtani
N112 BEGIN1:
N113 G00 B=R2
N114 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N115 X0.0 Y-400.078
N116 X0.0 Y-426.078
N117 X0.0 Y-452.078
N118 X0.0 Y-478.078
N119 X0.0 Y-504.078
N120 MCALL
N121 R2=R2+R1
N122 REPEAT BEGIN1 P=9
N123 BEGIN2:
N124 G00 B=R3
N125 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N126 X0.0 Y-400.078
N127 X0.0 Y-426.078
N128 X0.0 Y-452.078
N129 X0.0 Y-478.078
N130 X0.0 Y-504.078
N131 MCALL
N132 R3=R3+R1
N133 REPEAT BEGIN2 P=9
N134 BEGIN3:
N135 G00 B=R4
N136 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N137 X0.0 Y-400.078
N138 X0.0 Y-426.078
N139 X0.0 Y-452.078
N140 X0.0 Y-478.078
N141 X0.0 Y-504.078
N142 MCALL
N143 R4=R4+R1
N144 REPEAT BEGIN3 P=9
N145 G00 Z200.
N146 M30
```

```
;Soubor : 5540_067_002_d1
```

```
; Cimatron E postprocessor
; ver.2.3 - S840D-3X
; 2009/04/20
```

```
; Tabulka nastroju :
; T="VRTAK D16/D19" D=19. R=0.0 ;T318 vylozeni:200.
```

; vrtani_2rada_der

N100 G90 G17 G54 G40

;N101 CYCLE800(1,"IFVW206",0,57,0,0,0,-75,0,0,0,0,0,1)

N102 M05

N103 M00

N104 T318

N105 M06

N106 S1200 M03 F120.

N107 R1=5.888 ;otoceni B osy - prirustek

N108 R2=66.444 ;otoceni B osy na 1. kruh. vysec

N109 R3=186.444 ;otoceni B osy na 2. kruh. vysec

N110 R4=306.444 ;otoceni B osy na 3. kruh. vysec

N111 R5=26. ;hloubka vrtani

N112 BEGIN1:

N113 G00 B=R2

N114 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)

N115 X0.0 Y-413.078

N116 X0.0 Y-439.078

N117 X0.0 Y-465.078

N118 X0.0 Y-491.078

N119 MCALL

N120 R2=R2+R1

N121 REPEAT BEGIN1 P=8

N122 BEGIN2:

N123 G00 B=R3

N124 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)

N125 X0.0 Y-413.078

N126 X0.0 Y-439.078

N127 X0.0 Y-465.078

N128 X0.0 Y-491.078

N129 MCALL

N130 R3=R3+R1

N131 REPEAT BEGIN2 P=8

N132 BEGIN3:

N133 G00 B=R4

N134 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)

N135 X0.0 Y-413.078

N136 X0.0 Y-439.078

N137 X0.0 Y-465.078

N138 X0.0 Y-491.078

N139 MCALL

N140 R4=R4+R1

N141 REPEAT BEGIN3 P=8

N142 G00 Z200.

N143 M30

```
;Soubor : 5540_067_002_d1
; Cimatron E postprocessor
; ver.2.3 - S840D-3X
; 2009/04/20

; Tabulka nastroju :
; T="VRTAK D16/D19" D=19. R=0.0 ;T318 vylozeni:200.

; vrtani_3rada_der
N100 G90 G17 G54 G40
;N101 CYCLE800(1,"IFVW206",0,57,0,0,0,-75,0,0,0,0,1)
N102 M05
N103 M00
N104 T318
N105 M06
N106 S1200 M03 F120.
N107 R1=4.818 ;otoceni B osy - prirustek
N108 R2=63.5 ;otoceni B osy na 1. kruh. vysec
N109 R3=183.5 ;otoceni B osy na 2. kruh. vysec
N110 R4=303.5 ;otoceni B osy na 3. kruh. vysec
N111 R5=26. ;hloubka vrtani
N112 BEGIN1:
N113 G00 B=R2
N114 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N115 X0.0 Y-540.078
N116 X0.0 Y-566.078
N117 X0.0 Y-592.078
N118 X0.0 Y-618.078
N119 MCALL
N120 R2=R2+R1
N121 REPEAT BEGIN1 P=11
N122 BEGIN2:
N123 G00 B=R3
N124 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N125 X0.0 Y-540.078
N126 X0.0 Y-566.078
N127 X0.0 Y-592.078
N128 X0.0 Y-618.078
N129 MCALL
N130 R3=R3+R1
N131 REPEAT BEGIN2 P=11
N132 BEGIN3:
N133 G00 B=R4
N134 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N135 X0.0 Y-540.078
N136 X0.0 Y-566.078
N137 X0.0 Y-592.078
N138 X0.0 Y-618.078
N139 MCALL
```

```
N140 R4=R4+R1
N141 REPEAT BEGIN3 P=11
N142 G00 Z200.
N143 M30

;Soubor : 5540_067_002_d1

; Cimatron E postprocessor
; ver.2.3 - S840D-3X
; 2009/04/20

; Tabulka nastroju :
; T="VRTAK D16/D19" D=19. R=0.0 ;T318 vylozeni:200.

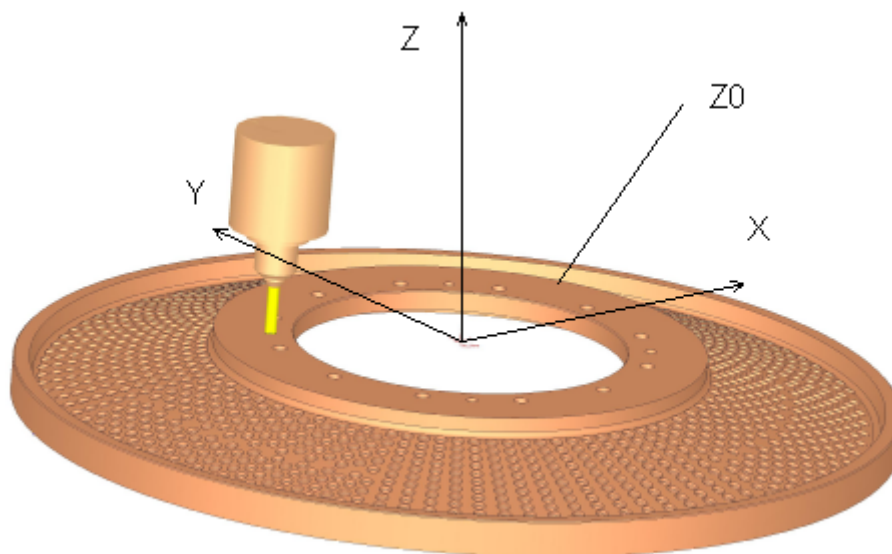
; vrtani_4rada_der
N100 G90 G17 G54 G40
;N101 CYCLE800(1,"IFVW206",0,57,0,0,0,-75,0,0,0,0,0,1)
N102 M05
N103 M00
N104 T318
N105 M06
N106 S1200 M03 F120.
N107 R1=4.818 ;otoceni B osy - prirustek
N108 R2=65.909 ;otoceni B osy na 1. kruh. vysec
N109 R3=185.909 ;otoceni B osy na 2. kruh. vysec
N110 R4=305.909 ;otoceni B osy na 3. kruh. vysec
N111 R5=26. ;hloubka vrtani
N112 BEGIN1:
N113 G00 B=R2
N114 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N115 X0.0 Y-527.078
N116 X0.0 Y-553.078
N117 X0.0 Y-579.078
N118 X0.0 Y-605.078
N119 X0.0 Y-631.078
N120 MCALL
N121 R2=R2+R1
N122 REPEAT BEGIN1 P=10
N123 BEGIN2:
N124 G00 B=R3
N125 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N126 X0.0 Y-527.078
N127 X0.0 Y-553.078
N128 X0.0 Y-579.078
N129 X0.0 Y-605.078
N130 X0.0 Y-631.078
N131 MCALL
N132 R3=R3+R1
```

```
N133 REPEAT BEGIN2 P=10
N134 BEGIN3:
N135 G00 B=R4
N136 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,R5)
N137 X0.0 Y-527.078
N138 X0.0 Y-553.078
N139 X0.0 Y-579.078
N140 X0.0 Y-605.078
N141 X0.0 Y-631.078
N142 MCALL
N143 R4=R4+R1
N144 REPEAT BEGIN3 P=10
N145 G00 Z200.
N146 M30
```

Vrtání čela

Najetí počátku dle:

X0 – střed statoru – najeto křížovou hlavou otočenou o 90°,
Y0 – střed statoru – najeto křížovou hlavou otočenou o 90°,
Z0 – čelo statoru – viz náhled.



Obr. 6.9 Model statoru z programu Inventor

;Soubor : D1_4362_054_047

; Cimatron E postprocessor
; ver.2.3 - S840D-3X
; 2009/26/3

; Tabulka nástroju :

```
; T="VRTAK D23" D=23. R=0.0 ;T238 vylozeni:200.
; T="VRTAK D17,5" D=17,5. R=0.0 ;T247 vylozeni:200.
; T="SRAZEC D16-28" D=16. R=0.8 ;T166 vylozeni:75.
; T="ZAVITNIK M20" D=20. R=0.0 ;T357 vylozeni:200.

; celo
N100 G90 G17 G54 G64 G40
;N101 CYCLE800(1,"IFVW206",0,57,0,0,0,-90,0,0,0,0,0,1)
; vrtani_D23_12x
; VRTAK D23
; Prumer : 23.
; Radius : 0.0
N134 M05
N135 M00
N136 T238
N137 M06
N138 S1200 M03 F120.
N139 G00 Z200.
N140 R1=30.
N141 R2=0.
N142 BEGIN1:
N143 G00 B=R2
N144 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,35.)
N145 X0.0 Y-285.
N146 MCALL
N147 R2=R2+R1
N148 REPEAT BEGIN1 P=11
N149 G00 Z200.

; vrtani_M20_4x
; VRTAK D17,5
; Prumer : 17,5
; Radius : 0.0
N150 M05
N151 M00
N152 T247
N153 M06
N154 S1500 M03 F150.
N155 G00 Z200.
N156 R3=90.
N157 R4=45.
N158 BEGIN2:
N159 G00 B=R4
N160 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,35.)
N161 X0.0 Y-285.
N162 MCALL
N163 R4=R4+R3
N164 REPEAT BEGIN2 P=3
N165 G00 Z200.
```

```
; odjehleni_D23_12x
; SRAZEC D16-28
; Prumer : 16.
; Radius : 0.8
N134 M05
N135 M00
N136 T166
N137 M06
N138 S1200 M03 F250.
N139 G00 Z200.
N140 R1=30.
N141 R2=0.
N142 BEGIN1:
N143 G00 B=R2
N144 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,1.)
N145 X0.0 Y-285.
N146 MCALL
N147 R2=R2+R1
N148 REPEAT BEGIN1 P=11
N149 G00 Z350.
```

```
; zahloubeni_M20_4x
; SRAZEC D16-28
; Prumer : 16.
; Radius : 0.8
N166 M05
N167 M00
N168 T166
N169 M06
N170 S1400 M03 F250.
N171 G00 Z200.
N172 R3=90.
N173 R4=45.
N174 BEGIN3:
N175 G00 B=R4
N176 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,2.)
N177 X0.0 Y-285.
N178 MCALL
N179 R4=R4+R3
N180 REPEAT BEGIN3 P=3
N181 G00 Z350.
```

```
; zavitovani_M20_4x
; ZAVITNIK M20
; Prumer : 20.
; Radius : 0.0
N182 M05
N183 M00
N184 T357
```


N185 M06
N186 S80 M03 F 2.5
N187 G00 Z200.
N188 R3=90.
N189 R4=45.
N190 BEGIN4:
N191 G00 B=R4
N192 MCALL CYCLE84(100., 0.0, 5., ,32., 0.0, 3, , 2.5, , 80, 80, 0, , 0)
N193 X0.0 Y-285.
N194 MCALL
N195 R4=R4+R3
N196 REPEAT BEGIN4 P=3
N197 G00 Z200.
N198 M30

Frézování drážky

Z důvodu lepšího rozvláknování těžce rozvláknitelných materiálů je nově zavedeno také frézování drážek.

Program pro frézování drážky je obsáhlý, a proto je obsažen v příloze č. 1.

Frézování drážky:

- pomocí počítačového programu CimatronE 8.5,
- procedura: spirálový řez.

CYCLE81(100., 0.0, 5., ,35.)

Vrtací cyklus:

- 100 - návratová rovina,
- 0.0 - referenční rovina,
- 5 - bezpečnostní vzdálenost,
- 35 - konečná vratná hloubka vztažená k referenční rovině.

CYCLE84(100., 0.0, 5., ,32., 0.0, 3, , 2.5, , 80, 80, 0, , 0)

Vrtání závitu:

- 100 - návratová rovina,
- 0.0 - referenční rovina,
- 5 - bezpečnostní vzdálenost,
- 32 - konečná vratná hloubka vztažená k referenční rovině,
- 0.0 - doba prodlevy na konečné hloubce,
- 3 - směr otáčení po skončení cyklu,
- 2.5 - stoupání závitu jako hodnota,
- 80 - otáčky při vrtání závitu,
- 80 - otáčky pro zpětný pohyb.

CYCLE800(1,"IFVW206",0,57,0,0,0,-90,0,0,0,0,1):

- 1 - zpětný pohyb (zpětný pohyb v ose Z => standardní,
- "IFVW206" - typ frézovací hlavy pro ŠKODA FCW,
- 0 - rovina otáčení,

- 57 - režim otáčení,
- 0, 0, 0 - vztažný bod před otáčením (X0, Y0, Z0),
- -90, 0, 0 - úhly natočení křížové hlavy kolem jednotlivých os (A, B, C),
- 0, 0, 0 - počátek po otočení (X1, Y1, Z1),
- 1 - upřednostňovaný směr.

Cyklus slouží při frézování pro otočení na libovolnou plochu, aby ji bylo možné obrobit nebo změřit. Cyklus uskutečňuje volání odpovídajících funkcí NC, které přepočítávají počátek aktivní souřadné soustavy a korekce nástroje při zohledňování kinematického řetězce stroje na šikmou plochu a provádějí polohování kruhových os (je-li to možné).

6.6 Volba řezných podmínek

Řezné podmínky musí zajistit splnění kvalitativních a kvantitativních požadavků na obráběný dílec. Velikost průřezu třísky musí být v souladu s tuhostí soustavy. Složky řezného odporu nesmějí překročit maximálně přípustné síly v jednotlivých směrech a výkon řezání musí být menší než užitečný výkon elektromotoru stroje. Nesmí být překročena řezivost nástroje, musí být dodržena minimálně přípustná výrobnost stroje za časovou jednotku a řezné parametry musí být v mezích přípustných intervalů. Při obrábění na čisto nesmí být překročena limitní hodnota posuvu, daná požadovanou drsností povrchu.

Optimalizace řezných podmínek představuje jeden ze základních článků celkové optimalizace výrobního procesu, kde kvalita výroby, její produktivita i hospodárnost závisí na obráběcím stroji, charakterizovaném výkonem, rozsahem otáček, rozsahem posuvů, přesností, tuhostí, dále na obráběcím nástroji, charakterizovaném nástrojovým materiálem, geometrií řezné části, a v neposlední řadě na obrobku, to znamená na obráběném materiálu, obrobitelnosti materiálu, tvarové i rozměrové přesnosti a kvalitě obrobené plochy.

Vrtání (16)

Při vrtání je určující řezná rychlost a velikost posuvu. Řezné podmínky volíme dle obrobitelnosti materiálu, hloubky děr, způsobu vrtání a podle materiálu nástroje. Produktivitu vrtání zvýšíme použitím řezných kapalin.

Řezná rychlost v_{ci} při vrtání závisí na průměru vrtáku D_i a otáčkách vrtáku n a posuvová rychlost v_f je závislá na posuvu na otáčku f a otáčkách vrtáku n :

$$v_{ci} = \frac{\pi \cdot D_i \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}], \quad (6.1)$$

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]. \quad (6.2)$$

Průřez třísky pro vrtání je určen vztahem:

$$A_D = h_D \cdot b_D = \frac{D \cdot f}{4}, \quad (6.3)$$

kde h_D je tloušťka třísky,
 b_D je šířka třísky.

Při vrtání do plného materiálu platí:

$$h_D = \frac{f}{2} \cdot \sin \kappa_r, \quad (6.4)$$

$$b_D = \frac{D}{2 \cdot \sin \kappa_r}. \quad (6.5)$$

Řezné podmínky dle nové technologie (17)

SK stupňovitý vrták $\varnothing 16/\varnothing 19$ T318 s vnitřním chlazením, dodavatel firma K-TOOLS:

- otáčky $n = 1200 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 120 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 64 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.



Obr. 6.10 SK stupňovitý vrták

SK vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami $\varnothing 23$, dodavatel firma SANDVIK COROMAT:

- otáčky $n = 1400 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 140 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 102 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

SK vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami $\varnothing 17,5$, dodavatel firma SANDVIK COROMAT:

- otáčky $n = 1500 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 150 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 83 \text{ m.min}^{-1}$.



Obr. 6.11 SK vrták s upínačem Weldon

Fréza na srážení hran $\varnothing 16/ \varnothing 28$ – srážeč krátký 45° , dodavatel firma PRAMET:

- otáčky $n = 1200 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 250 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 106 \text{ m.min}^{-1}$.



Obr. 6.12 Srážeč hran - krátký 45° (3)

Metrický strojní závitník M20 průchozí, dodavatel firma TITEX:

- otáčky $n = 80 \text{ min}^{-1}$,
- posuv = stoupání závitu $2,5 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 3 \text{ m.min}^{-1}$.



Obr. 6.13 Metrický strojní závitník M20 (3)

Prostřednictvím optimalizovaných povlaků, geometrií a konstrukcí břitových destiček nabízejí výše uvedené vrtáky vysokou kvalitu otvorů a vysokou produktivitu pro všechny typy aplikací a obráběných materiálů.

Vrtáky jsou konstruovány s otvory pro vnitřní chlazení ve šroubovici. Nový tvar nechává více místa pro nepřetržitý odchod třísek z otvoru. Otvory chlazení neprocházejí středem jádra vrtáku proto je nástroj pevnější a odolnější vůči zkrutu.

Frézování (16)

Hlavní pohyb při frézování koná fréza a je definován řeznou rychlostí v_c

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_z \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]. \quad (6.6)$$

Vedlejší pohyb v_f koná obrobek, závisí na druhu frézy, hodnotě posuvu na zub f_z a počtu zubů z

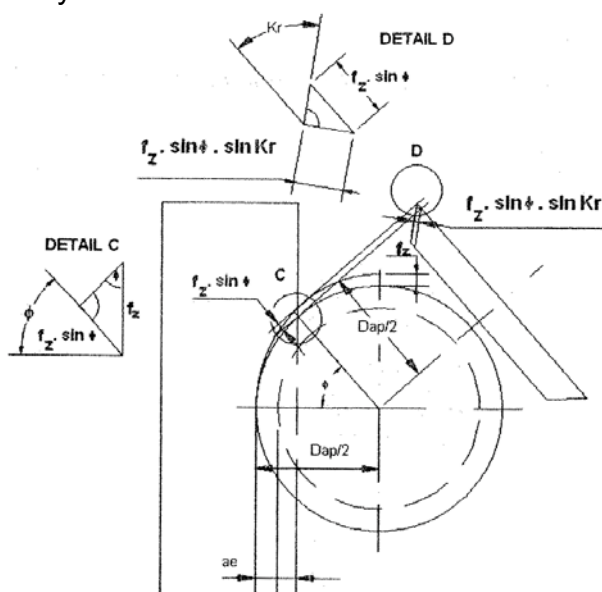
$$v_f = \frac{f_z \cdot z \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]. \quad (6.7)$$

Řezný proces je přerušovaný, každý zub frézy odřezává krátké třísky proměnné tloušťky.

Při analýze průřezu třísky při frézování je nutné vzít v úvahu:

- průřez třísky a silové zatížení není konstantní (mění se tloušťka třísky),
- v záběru může být i několik břitů frézy,
- záběr břitů je periodicky přerušovaný, tříska je vždy dělená.

Obecný problém u všech druhů frézování je závislost tloušťky třísky na úhlu pootočení frézy.



Obr. 6.14 Průřez třísky při čelním frézování (16)

Jmenovitá tloušťka třísky pro čelní frézování může být definovaná vztahem dle obr. 6.14:

$$h_D = f_z \cdot \sin \kappa_r \cdot \sin \varphi \quad (6.8)$$

Silové zatěžování frézovacích hlav může mít negativní důsledky na průběh opotřebení břitů a vznik chvění. Proto je důležitá správná volba frézovací hlavy, neboť se jedná o poměrně drahé, ale výkonné nástroje, které jsou schopny dosáhnout velkých úběrů materiálu a zároveň uspokojivé kvality povrchů.

Při frézování se během záběru zubu mění tloušťka třísky což má vliv na nastavení rezných podmínek. Řezné podmínky se volí dle obrobitelnosti materiálu obrobku, materiálu nástroje, typu stroje, způsobu práce, dle řezné a chladicí kapaliny a i způsobu upnutí obrobku.

Optimální řezné podmínky jsou stanovené a odladěné přímo na obráběcím stroji. Vzhledem k použité technologii, s ohledem na trvanlivost nástroje a s ohledem na to, že drážka je pod úhlem 15° , je krok volen po 5 mm, což vyhovuje také požadované drsnosti povrchu. Vzhledem k tomu, že je odebrána menší tříska je možné použít větších posuvů. Jako obráběcí nástroj je použita fréza pro frézování do rohu a drážkování (Obr. 6.14). (4)

Řezné podmínky dle nové technologie (17)

Fréza $\varnothing 16 R0,8$, dodavatel firma SECO:

- otáčky $n = 1200 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 550 \div 750 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 60 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.



Obr. 6.15 Fréza SECO NANO Turbo $\varnothing 16 R0,8$ (3)

Soustružení (16)

Volba rezných podmínek je opět závislá na druhu obráběného materiálu, materiálu nástroje a chlazení, dále pak na požadovaných vlastnostech obrobku, jako je přesnost rozměrů a tvaru, jakost obrobeného povrchu.

Volba posuvu f závisí na požadované jakosti obrobené plochy a je ovlivněna také geometrií břitu, tuhostí stroje a jeho výkonem. Rozsah posuvu se pohybuje v rozmezí 0,05 až 2 mm. Hodnoty doporučené výrobcem pro použitý nástroj jsou: hrubování 0,3 – 0,7 mm, dokončování 0,3 – 0,5 mm.

Šířka záběru a_p se volí podle přídávku na obrábění, který je v tomto případě 5 mm. Přídavek odebráme pokud možno na jednu třísku. V tomto případě, je odebírán nadvakrát. Hloubka řezu je však omezena délkou ostří nože, výkonem a tuhostí stroje a obrobku. Hloubka záběru při soustružení se obvykle pohybuje v rozsahu 0,03 až 30 mm.

Doporučené hodnoty výrobcem pro hrubování jsou 3 – 8 mm a pro dokončovací operace 3 – 5 mm.

Řezná rychlost je u soustružení v rozmezí 10 až 600 m.min⁻¹. Velikost řezné rychlosti závisí na druhu obráběného materiálu.

Hlavní pohyb při soustružení je rotační a vykonává je obrobek. Je definován vztahem:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]. \quad (6.9)$$

Základní jednotkou řezné rychlosti v_c pro soustružení je [m.min⁻¹], průměr obrobku D je v [mm] a otáčky n jsou v min⁻¹.

Vedlejší pohyb vůči obrobku vykonává soustružnický nůž. Posuvová rychlost je definována posuvem na otáčku f a otáčkami n :

$$v_f = \frac{f \cdot n}{1000} \quad [\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]. \quad (6.10)$$

Malé průřezy třísek se vyskytují zejména při přesném jemném soustružení vysokými řeznými rychlostmi, při soustružení kalených ocelí apod.

Řezné podmínky dle nové technologie (17)

Hrubování - Nůž VBD SNMM, dodavatel firma KORLOY:

- otáčky $n = 10 \div 12 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 0,5 \text{ mm}$,
- šířka záběru $a_p = 3,0; 1,5 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 42 \div 52 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Dokončování - Nůž VBD DNMG, dodavatel firma SANDVIK COROMAT:

- otáčky $n = 5 \div 7 \text{ min}^{-1}$,
- posuv $f = 0,5 \text{ mm}$,
- šířka záběru $a_p = 0,25; 0,15; 0,10 \text{ mm}$,
- řezná rychlost $v_c = 21 \div 30 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

6.7 Klasifikace nástrojového materiálu

Řezné materiály (materiál břitu) rozhodujícím způsobem ovlivňují produktivitu, výrobní náklady a kvalitu výroby. Jejich význam je charakterizován náročnými požadavky, ve kterých břit nástroje pracuje. Při obrábění bývají vystaveny intenzivnímu mechanickému a tepelnému namáhání. To vede k opotřebením břitu nebo i celkové destrukci. Řezný materiál musí mít proto větší tvrdost než materiál obráběný, aby mohl řezný klín vniknout do obráběného materiálu a odřezávat třísku.

6.7.1 Srovnání nástrojového materiálu z SK a RO při vrtání

Nejrozšířenějším vrtacím nástrojem je šroubovitý vrták s prakticky ustálenou geometrií řezné části. Vzhledem k tradičnímu materiálu vrtáků -

rychlořezné oceli - se stále více prosazují výkonnější řezné materiály, především slinuté karbidy a řezná keramika.

Poslední přehledy o prodeji řezných nástrojů ukazují, že v roce 1998 byl cenový objem vrtáků z RO asi 1,3krát větší než vrtáků ze SK. Přitom uživatelé provádí zhruba 70 % všech operací vrtání právě vrtáky SK, jejichž pořizovací náklady představují jen 43 % z celkových nákladů na vrtací nástroje.

I přes zvyšující se uplatnění vrtáků SK je zřejmé, že možnosti tohoto řezného materiálu nejsou ještě zdaleka plně využívány. Důvodem je jednak malá informovanost o řezných charakteristikách vrtáků SK a jednak často nevyhovující funkční vlastnosti používaných obráběcích strojů. Předpokladem širšího využití vrtáků SK ve výrobě jsou výkonné, přesné a dostatečně tuhé obráběcí stroje.

Díky vlastnostem slinutých karbidů se v porovnání s vrtáky RO při použití výrazně intenzivnějších řezných podmínek zvýší trvanlivost nástroje i přesnost vrtaných děr. Uvádí se, že u nástrojů povlakovaných TiN, se při přechodu z RO na SK zvýší řezná rychlost třikrát, velikost posuvu minimálně o 30 %, současně se i třikrát zvýší trvanlivost vrtáků a nejméně o 3 IT přesnost děr.

Pro vyšší přesnost a jakost vrtaných děr je rozhodující podstatně větší tuhost vrtáků SK a vyšší řezné rychlosti vrtání v porovnání s nástroji RO. Přesnost tvaru a polohy děr vrtaných monolitním vrtákem SK je větší nejen v porovnání s nástroji RO, ale i v porovnání s vrtáky s pájenými destičkami SK (min. o 1 IT). Přesnost vrtání ovlivní i konstrukční provedení monolitního vrtáku SK - přesnější díru vyvrtá nástroj s přímými drážkami než se šroubovými drážkami.

Vrtáním při vyšších řezných rychlostech se jednak omezuje možnost vytváření nárůstků na břítu, které mohou negativně ovlivňovat jakost povrchu děr, jednak se snižuje doba vrtání, a tím se omezí množství tepla vznikající v místě řezu a opotřebení vrtáku.

Vyšší tuhost monolitních vrtáků SK podstatně snižuje chvění nástroje v řezu v porovnání se všemi vrtáky s ocelovým tělesem (i pájenými destičkami SK). Výsledkem současného působení uvedených faktorů je vyšší jakost povrchu děr vrtaných monolitními vrtáky SK. (12)

Vrtání ocelí vyššími řeznými rychlostmi

Při vrtání ocelí vyššími řeznými rychlostmi je požadován určitý minimální posuv, což souvisí s ostrostí řezné hrany nástroje. U vrtáků SK nelze většinou nabrousit ostrý břit jako u nástrojů RO. Proto je na břítu vrtáků SK často lapováním vytvářena ploška (fazetka), která má zabránit vydrolování křehkého slinutého karbidu.

K dosažení správného vytváření třísek takovým nástrojem SK je třeba určitých minimálních velikostí řezné rychlosti a posuvu. Šířka fazetky na břítu i minimální hodnota řezné rychlosti závisí na druhu vrtaného materiálu.

Vysoké řezné rychlosti jsou ovšem pro menší vrtáky na současných obráběcích strojích často nedosažitelné a v těchto případech nelze předností SK využít.

Volba řezných podmínek je ovlivněna i konstrukcí nástroje. Monolitní vrtáky SK s přímými drážkami, které mají větší tuhost v porovnání s nástroji se šroubovitými drážkami, mohou vrtat vyššími řeznými rychlostmi, ovšem při nižších hodnotách posuvu (důsledek zhoršeného odvodu třísek). Nižší hodnoty posuvů výrazně snižují trvanlivost monolitních vrtáků SK a rozdíl mezi trvanlivostmi nástrojů SK a RO se stává nepříznivým.

Plné využití předností vrtáků SK vyžaduje vyšší hodnoty posuvů.

V tabulce 6.4 je uvedeno srovnání řezných podmínek pro monolitní vrtáky z SK a RO. (12)

Tab. 6.4 Porovnání monolitních vrtáků z SK s vrtáky z RO (12)

Vrták + povlak	Doporučená řezná rychlost [m.min ⁻¹]	Celková vyvrtaná délka [m]
RO + TiN	14	8,0
SK + TiN, bez vnitřního chlazení	70	21.6
SK + TiN, s vnitřním chlazením	80	27.0

U monolitních vrtáků SK se dosahuje nejlepšího výkonu řezání u konstrukce se šroubovitými drážkami a vnitřním chlazením, a to především proto, že na rozdíl od vrtáku s přímými drážkami lze vrtat většími posuvy, i když nižší řeznou rychlostí.

V neposlední řadě je třeba říci, že k podmínkám efektivního využití všech vlastností vrtáku a samozřejmě dalších výkonných nástrojů je nezbytný také kvalitní stroj. (12)

6.8 Nový technologický postup výroby statoru

Tab. 6.2 Nový technologický postup (4)

Číslo operace	Pracoviště	Popis práce	Stroj/ Nástroj	Přípravný čas [hod]	Kusový čas [hod]
10	Obrobna	Upnout pomocí upínek, vystředit číselníkovým úchylkoměrem na střed lícní desky, soustružit spodní čelo náboje a čelo věnce na rozměr 67 +0.1, mezikružší $\varnothing 1282 / \varnothing 740$ dle řezu A-A na výkrese, dále soustružit vnitřní tvarové plochy 2x 15° včetně R8 a R10, srazit hrany, přepnout na spodní opracované čelo, vystředit číselníkovým úchylkoměrem, soustružit čelo náboje na délku 58mm, povrch $\varnothing 1330 -0.3 -0.8$, hranu 2x 45° , otvor $\varnothing 500H11$, osazení $\varnothing 650, \varnothing 740 / \varnothing 680 +$ tvarové plochy 2x 15° dle výkresu, odjehlít.	Lícní soustruh Karusel SK 25 A Soustružnický nůž VBD SNMM, DNMG	1.50	32.50
20	Obrobna	Upínat na otočný stůl, vystředit číselníkovým úchylkoměrem, dle programu frézovat v jednotlivých sekcích drážky šířky 17mm dle výkresu, přepnout a otočit na spodní kuželovou plochu, dle programu vrtat otvory $\varnothing 16/ \varnothing 19$ v drážkách jednotlivých sekcí stupňovitým vrtákem SK, ve zbývajících funkčních volných plošech statoru vrtat otvory dle programu, v náboji statoru vrtat 12x $\varnothing 23$, vrtat a řezat 4xM2.	FCW150 SK vrták $\varnothing 16/ \varnothing 19, \varnothing 23, \varnothing 17,5$ Fréza $\varnothing 16/ \varnothing 28$ Metrický závitník M20 Fréza na srážení hran $\varnothing 16 R0,8$	2.50	23.00
30	Hala 1, 2, 4	Po frézování lehce odjehlít drážky, z obou stran statoru přesmírkovat otřepy (výběhy) při vrtání otvoru.	Ruční bruska	0.50	0.50
40	Malá hala	Označit štítkem se zákaznickým číslem zakázky a číslem výkresu.			0.50

7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ TECHNOLOGIÍ

Novým technologickým postupem, který z části vychází z původního postupu, je možné obrábět stator především na novém stroji horizontální vyvrtávače ŠKODA FCW 150 a tím ulevit doposud využívaným obráběcím strojům a pracovištím, které mohou vykonávat jinou práci. I když se ve firmě Papcel, a.s. jedná o kusovou výrobu, vyplatí se investovat do nového stroje, který má širší využití, a tím pokryje větší množství vyráběného sortimentu.

Jelikož se Papcel, a.s. specializuje na výrobu součástí velkých rozměrů, dochází k velkým ztrátám u přípravných časů jako je například manipulace, upínání, středění, kalibrování nástrojů, atd.

Použitím nové horizontální vyvrtávačky se tyto časy sníží a zároveň klesne počet potřebných operací, čímž se docílí velkých úspor.

7.1 Stanovení výrobních časů

Výrobní časy jsou stanoveny z normativů, tzn. čas připadající na výrobu dílů potřebných ke zhotovení jednoho kusu výrobku.

Tab. 7.1 Výroba jednoho kusu statoru (4)

Jednotlivé práce	Strojní časy [hod] Původní technologie	Strojní časy [hod] Nová technologie
Práce rýsovačské	1,5	-
Soustružení	34,0	34,0
Vrtání a frézování	48,5	25,5
Zámečnické práce	1,0	1,0
Natěračské práce	0,5	0,5
Celkem	85,5	61,0

Tabulka č. 7.1 porovnává pracovní časy jednotlivých úkonů nutných k výrobě jednoho kusu statoru při použití původní a nové technologie. Při zavedení nové technologie je možné pracovní úkony, jako jsou rýsovačské práce, vrtání a řezání závitů, zajistit strojem FCW 150. Díky zavedení nové technologie dochází k časové úspoře při výrobě, a to je jedna čtvrtina původního času.

7.2 Výrobní náklady na výrobu jednoho kusu statoru

Dalším důležitým ukazatelem, který je nutno zohlednit, je finanční dopad na podnik, v případě zakoupení nové technologie a zároveň jejího uvedení do provozu, což zahrnuje i nezbytné školení pracovníků, kteří budou k obsluze stroje vyčleněni. Kromě technického přínosu musí být tedy výroba pro podnik užíváním nové technologie i ekonomicky výhodná.

Tab. .2 Výrobní náklady původní technologie (4)

Pracoviště Jednotlivé práce	Sazba [Kč/hod]	Strojní časy [hod]	Cena [Kč]
Obrobna - soustružení	850	34,0	28900,0
Práce rýsovačské	650	1,5	975,0
Obrobna – vrtání	850	48,5	41225,0
Zámečnické práce	650	1,0	650,0
Natěračské práce	650	0,5	325,0
Celkem	x	x	72075,0

Jak ukazuje tabulka č. 7.2 finančně nejnáročnější pracovní úkony se provádí na pracovišti obrobny, a to jmenovitě soustružení a vrtání. Tyto činnosti se podílí na výrobních nákladech z více jak 50 %.

Tab. .3 Výrobní náklady nové technologie (4)

Pracoviště Jednotlivé práce	Sazba [Kč/hod]	Strojní časy [hod]	Cena [Kč]
Obrobna - soustružení	850	34,0	28900,0
FCW 150 – vrtání, frézování	1000	25,5	25500,0
Zámečnické práce	650	1,0	650,0
Natěračské práce	650	0,5	325,0
Celkem	x	x	55375,0

Porovnáním původní a nové technologie (viz tabulka č. 7.2 a 7.3) lze konstatovat, že výrobní náklady poklesly téměř o jednu čtvrtinu. Je třeba ale zmínit, že pořízení dané technologie, zejména nového CNC vyvrtávacího stroje ŠKODA FCW 150, montáž a nezbytné školení pracovníků, znamená pro podnik vysoké náklady. To se projevuje především v režii při práci na tomto stroji.

Tab. 7.4 Srovnání technologií (4)

Sledovaný parametr	Původní technologie	Nová technologie
Strojní vybavení	Více obráběcích strojů	Převážně Škoda FCW 150
Nástrojový materiál	Rychlořezná ocel	Slinuté karbidy
Strojní čas	85,5 hodin	61,0 hodin
Výrobní náklady	72075 Kč	55375 Kč
Pracovní síla	5 pracovníků	4 pracovníci
Kvalita výroby	Riziko lidské chyby	Eliminováno

Tabulka 7.4 představuje pohled na původní a novou technologii z hlediska použitých strojů, nástrojových materiálů, pracovních časů a pracovníků, výrobních nákladů a v neposlední řadě z hlediska kvality výroby.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vytvoření návrhu nového technologického postupu výroby statoru na pracovišti CNC horizontální vyvrtávačky ŠKODA FCW 150 v litovelském podniku Papcel, a.s., který je významným dodavatelem strojírenských výrobků pro firmy podnikající v papírenském průmyslu.

Při analýze současného stavu výroby byly zjištěny následující nedostatky:

- nedostatečné strojní vybavení,
- velká pracnost výroby,
- vysoká časová náročnost výrobního procesu,
- náročná manipulace při přepínání a ustavení obrobku,
- nepřesnosti při obrábění způsobené zejména lidským faktorem.

Pro eliminaci výše uvedených nedostatků se jeví jako nejvhodnější řešení stávající situace využití před časem zakoupené CNC horizontální vyvrtávačky ŠKODA FCW 150. Po konzultaci s programátory a technologiemi firmy Papcel, a.s. byl navržen pro vrtání drážek SK stupňovitý vrták s vnitřním chlazením (namísto dvou SK vrtáků s vyměnitelnými břitovými destičkami).

Po testování vyvrtávačky lze konstatovat, že nová technologie využívající CAD/CAM systém umožnila:

- čtvrtinovou úsporu pracovních časů,
- pětinásobnou řeznou rychlost vrtání proti původní technologii,
- pokles výrobních nákladů o jednu čtvrtinu (ze 72075 Kč/ks na 55375 Kč/ks),
- snížení požadavků na pracovní sílu,
- zvýšení kvality výroby a její přesnosti.

Na druhou stranu je třeba zmínit, že současná kvalita obrobku není zcela ideální, jelikož pracovníci v současné době teprve získávají poznatky, prostřednictvím školení, nutné k obsluze stroje. Investice do nového CNC zařízení je jedním z kroků dlouhodobého programu modernizace obrobny podniku.

Závěrem lze říci, že používání nové technologie pro podnik Papcel, a.s. bude znamenat zvýšení jeho konkurenceschopnosti na trhu se strojírenskými výrobky.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *Katalog PAPCEL, a.s.*. Litovel : Marketingové oddělení PAPCEL, a.s., 2006. 150 s.
2. MEJZEŠOVÁ, Monika. Racionalizace obrábění tělesa mlýnu D3 na pracovišti horizontální vyvrtávačky FCW 150 : *Bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, květen 2007. 42 s., 1 příloha. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Josef Brychta.
3. *Nízkokonzistenční vertikální rozvlákňovač LCV* [online]. PAPCEL, a.s., Litovel, březen 2007 [cit. 2009-01-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.papcel.cz/produkty/pripravna-latky/stroje/nizkokonzistenčni-vertikalni-rozvlaknovac-lcv/?search=Stator/LCV>>.
4. *PROVOZNÍ DOKUMENTACE : Nízkokonzistenční vertikální rozvlákňovač Typ LCV – 20*. Litovel : PAPCEL, a.s., Březen 2007. 34 s.
5. LEINVENER, Jan, VÁVRA, Pavel. *STROJNICKÉ TABULKY*. 4. dopl. vyd. : ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2008. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
6. MRKVICA, Miloš. *PŘÍPRAVKY A OBRÁBĚCÍ NÁSTROJE : I.díl Řezné nástroje*. 3. vyd. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2006. 192 s. ISBN 80-7078-941-7.
7. BILÍK, Oldřich. *OBRÁBĚNÍ I : 1.díl*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2001. 136 s. ISBN 80-7078-811-9.
8. RANOCHOVÁ, Denisa. *Orientace na nové trhy* [online]. Časopis Podnikatel , září 2007 [cit. 2009-02-07]. Dostupný z WWW: <www.podnikatel-info.cz/download.php?file=pdf/2007/09.pdf>.
9. *CNC technologie - ano, či ne?* [online]. MM Průmyslové spektrum, 10.10.2001 [cit. 2009-02-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/cnc-technologie-ano-ci-ne>>.
10. BILÍK, Oldřich. *OBRÁBĚNÍ II. : 2.díl*. 2. vyd. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2001. 118 s. ISBN 80-7078-944-1.
11. HUMÁR, Anton. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. 1. vyd. Brno: CCB, s.r.o., 1995. 256 s. ISBN 80-85825-10-4.
12. *Výkonné vrtací nástroje - vysoká produktivita obrábění* [online]. MM Průmyslové spektrum , Listopad 2001 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/vykonne-vrtaci-nastroje-vysoka-produktivita-obrabeni>>.

13. ŠEBELA, Antonín. *Výrobní stroje : I.díl Obráběcí stroje*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1991. 267 s.
14. *CNC HORIZONTÁLNÍ A VYVRTÁVACÍ STROJ ŠKODA, typ FCW 150 : Složení pracoviště a technické parametry*. Litovel : PAPCEL, a.s., 2003. 21 s.
15. SINUMERIK 840D/840Di/810D : *Příručka programování – Základy a cykly*. SIEMENS . 03/2004. 868 s.
16. FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
17. *Sandvik Coromant : Hlavní katalog - řezné nástroje od firmy Sandvik Coromant*. Praha : SANDVIK CZ, s.r.o., 2009. 1535 s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
A_D	$[mm^2]$	Průřez třísky
a_p	$[mm]$	Šířka záběru ostří
b_D	$[mm]$	Šířka třísky
CAD		Počítačem podporované projektování
CAM		Počítačová podpora obrábění
CE		Bezpečnostní značka platící v zemích EU
CNC		Počítačem řízený stroj
ČSN		Česká norma
D	$[mm]$	Průměr obrobku; průměr vrtáku
DIN		Německá národní norma
EU		Evropská unie
f	$[mm]$	Posuv na otáčku
f_z	$[mm]$	Posuv na zub
h_D	$[mm]$	Tloušťka třísky
ISO		Mezinárodní organizace pro normalizaci
K_r	$^\circ$	Nástrojový úhel
L	$[mm]$	Délka
MAG; MIG		Svařování v ochranné atmosféře
n	$[min^{-1}]$	Otáčky
NC		Číslicové řízení
PKD		Polykrystalický diamant
PKNB		Polykrystalický nitrid bóru
PVD		Fyzikální napařování
RO		Rychlořezná ocel
ŘKJ		Řízení kontroly jakosti
SK		Slinutý karbid
SKF		Metoda axiálního posunutí
ŠMT		Bezpečnostní koncept
TiN		Nitrid titanu
TiCN		Karbonitrid
v_c	$[m \cdot min^{-1}]$	Řezná rychlost
v_f	$[m \cdot min^{-1}]$	Posunová rychlost
VBD		Vyměnitelná břitová destička
WIG		Svařování v argonu netavnou elektrodou

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Ovládací program - frézování drážky
Příloha 2 Ovládací program - vrtání čelo - úhelník
Příloha 3 Výrobní výkres statoru

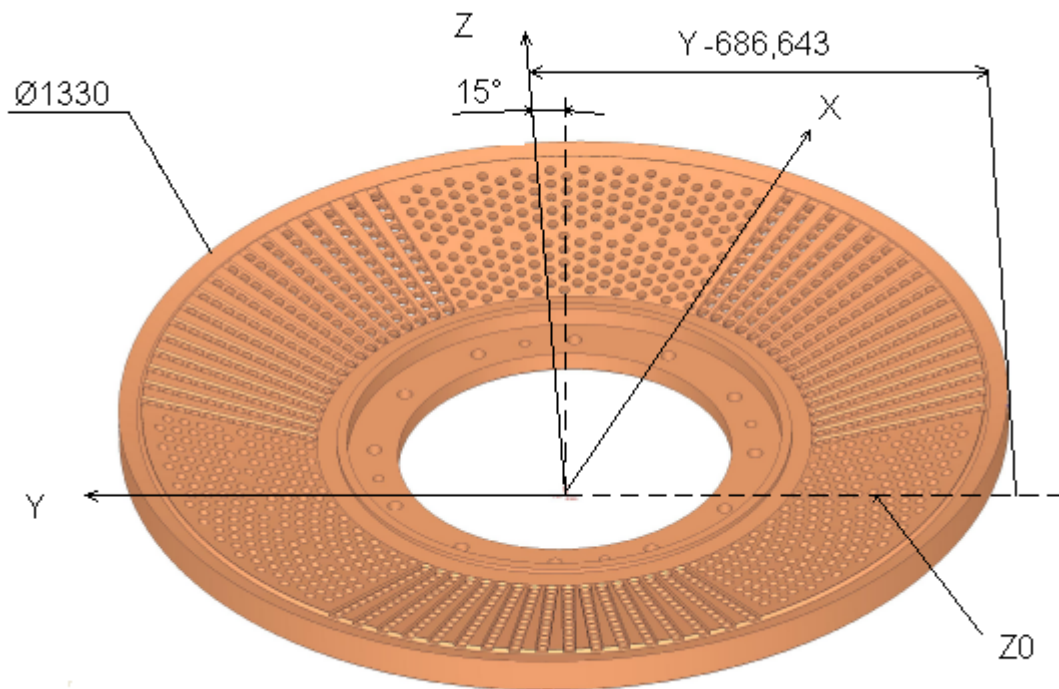
Příloha 1

Najetí počátku dle:

X0 – střed statoru,

Y0 – odjed' od hrany vnějšího průměru – viz náčr Y-686,643,

Z0 – vnitřní kuželová plocha.



;Soubor : 5540_067_002_d1

; Cimatron E postprocessor

; ver.2.3 - S840D-3X

; 2009/4/8

; Tabulka nástroju :

;N5 T="FREZA D16R0.8" D=16. R=0.8 ;T047 vylozeni:38.

; drazka

N101 G90 G17 G54 G64 G40

; N101 CYCLE800(1,"IFVW206",0,57,0,0,0,-105,0,0,0,0,1)

; frez_drazky

; FREZA D16R0.8

; Prumer : 16.

; Radius : 0.8

N102 M05

N103 M00

N104 T047
N105 M06
N106 S2000 M03
N107 G00 Z200. F9999.
N108 R1=3.75 ; inkrement_uhel mezi 2 radami drazek
N109 R2=0. ; pocatecni uhel_najeti na 1 drazku
N110 R3=120.
N111 R4=240.
N112 BEGIN1:
N113 G00 B=R2
N108 G00 X1.987 Y-561.415 Z200.
N109 G00 X1.987 Y-561.415 Z11.
N110 G01 X1.987 Y-561.415 Z1. F1000.
N111 X1.985 Y-527.059 Z-0.5
N112 G41
N113 X1.985 Y-527.058 Z-0.5
N114 X1.979 Y-393.933 Z-0.5
N115 X1.904 Y-393.154 Z-0.5
N116 X1.795 Y-392.788 Z-0.5
N117 X1.616 Y-392.452 Z-0.5
N118 X1.375 Y-392.157 Z-0.5
N119 X1.08 Y-391.914 Z-0.5
N120 X0.744 Y-391.734 Z-0.5
N121 X0.379 Y-391.623 Z-0.5
N122 X0.0 Y-391.586 Z-0.5
N123 X-0.379 Y-391.623 Z-0.5
N124 X-0.744 Y-391.734 Z-0.5
N125 X-1.08 Y-391.914 Z-0.5
N126 X-1.375 Y-392.157 Z-0.5
N127 X-1.616 Y-392.452 Z-0.5
N128 X-1.795 Y-392.788 Z-0.5
N129 X-1.904 Y-393.154 Z-0.5
N130 X-1.979 Y-393.933 Z-0.5
N131 X-1.992 Y-660.126 Z-0.5
N132 G03 X-0.012 Y-662.131 Z-0.5 I1.992 J-0.013
N133 G03 X1.992 Y-660.184 Z-0.5 I0.013 J1.992
N134 G01 X1.985 Y-527.058 Z-0.5
N135 X1.485 Y-527.059 Z-0.5
N136 G40
N137 G00 X1.485 Y-527.059 Z10.5
N138 G00 X1.853 Y-561.418 Z10.5
N139 G01 X1.853 Y-561.418 Z0.5
N140 X1.851 Y-527.062 Z-1.
N141 G41
N142 X1.851 Y-527.061 Z-1.
N143 X1.845 Y-393.94 Z-1.
N144 X1.772 Y-393.179 Z-1.
N145 X1.67 Y-392.84 Z-1.
N146 X1.504 Y-392.526 Z-1.

N147 X1.279 Y-392.252 Z-1.
N148 X1.005 Y-392.026 Z-1.
N149 X0.693 Y-391.858 Z-1.
N150 X0.353 Y-391.755 Z-1.
N151 X0.0 Y-391.72 Z-1.
N152 X-0.353 Y-391.755 Z-1.
N153 X-0.693 Y-391.858 Z-1.
N154 X-1.005 Y-392.026 Z-1.
N155 X-1.279 Y-392.252 Z-1.
N156 X-1.504 Y-392.526 Z-1.
N157 X-1.67 Y-392.84 Z-1.
N158 X-1.772 Y-393.179 Z-1.
N159 X-1.845 Y-393.94 Z-1.
N160 X-1.858 Y-660.127 Z-1.
N161 G03 X-0.012 Y-661.997 Z-1. I1.858 J-0.012
N162 G03 X1.858 Y-660.182 Z-1. I0.012 J1.858
N163 G01 X1.851 Y-527.061 Z-1.
N164 X1.351 Y-527.061 Z-1.
N165 G40
N166 G00 X1.351 Y-527.061 Z10.
N167 G00 X1.719 Y-561.42 Z10.
N168 G01 X1.719 Y-561.42 Z0.0
N169 X1.717 Y-527.064 Z-1.5
N170 G41
N171 X1.717 Y-527.063 Z-1.5
N172 X1.711 Y-393.946 Z-1.5
N173 X1.64 Y-393.205 Z-1.5
N174 X1.546 Y-392.891 Z-1.5
N175 X1.392 Y-392.601 Z-1.5
N176 X1.184 Y-392.347 Z-1.5
N177 X0.93 Y-392.138 Z-1.5
N178 X0.641 Y-391.983 Z-1.5
N179 X0.327 Y-391.887 Z-1.5
N180 X0.0 Y-391.855 Z-1.5
N181 X-0.327 Y-391.887 Z-1.5
N182 X-0.641 Y-391.983 Z-1.5
N183 X-0.93 Y-392.138 Z-1.5
N184 X-1.184 Y-392.347 Z-1.5
N185 X-1.392 Y-392.601 Z-1.5
N186 X-1.546 Y-392.891 Z-1.5
N187 X-1.64 Y-393.205 Z-1.5
N188 X-1.711 Y-393.946 Z-1.5
N189 X-1.724 Y-660.128 Z-1.5
N190 G03 X-0.011 Y-661.863 Z-1.5 I1.724 J-0.011
N191 G03 X1.724 Y-660.181 Z-1.5 I0.011 J1.724
N192 G01 X1.717 Y-527.063 Z-1.5
N193 X1.217 Y-527.063 Z-1.5
N194 G40
N195 G00 X1.217 Y-527.063 Z9.5

N196 G00 X1.585 Y-561.422 Z9.5
N197 G01 X1.585 Y-561.422 Z-0.5
N198 X1.583 Y-527.067 Z-2.
N199 G41
N200 X1.583 Y-527.066 Z-2.
N201 X1.577 Y-393.952 Z-2.
N202 X1.508 Y-393.231 Z-2.
N203 X1.421 Y-392.942 Z-2.
N204 X1.28 Y-392.675 Z-2.
N205 X1.088 Y-392.442 Z-2.
N206 X0.855 Y-392.25 Z-2.
N207 X0.589 Y-392.107 Z-2.
N208 X0.3 Y-392.019 Z-2.
N209 X0.0 Y-391.99 Z-2.
N210 X-0.3 Y-392.019 Z-2.
N211 X-0.589 Y-392.107 Z-2.
N212 X-0.855 Y-392.25 Z-2.
N213 X-1.088 Y-392.442 Z-2.
N214 X-1.28 Y-392.675 Z-2.
N215 X-1.421 Y-392.942 Z-2.
N216 X-1.508 Y-393.231 Z-2.
N217 X-1.577 Y-393.952 Z-2.
N218 X-1.59 Y-660.129 Z-2.
N219 G03 X-0.01 Y-661.729 Z-2. I1.59 J-0.01
N220 G03 X1.59 Y-660.179 Z-2. I0.01 J1.59
N221 G01 X1.583 Y-527.066 Z-2.
N222 X1.083 Y-527.066 Z-2.
N223 G40
N224 G00 X1.083 Y-527.066 Z9.
N225 G00 X1.451 Y-561.425 Z9.
N226 G01 X1.451 Y-561.425 Z-1.
N227 X1.449 Y-527.069 Z-2.5
N228 G41
N229 X1.449 Y-527.068 Z-2.5
N230 X1.443 Y-393.959 Z-2.5
N231 X1.376 Y-393.257 Z-2.5
N232 X1.297 Y-392.993 Z-2.5
N233 X1.167 Y-392.75 Z-2.5
N234 X0.993 Y-392.537 Z-2.5
N235 X0.78 Y-392.362 Z-2.5
N236 X0.538 Y-392.232 Z-2.5
N237 X0.274 Y-392.151 Z-2.5
N238 X0.0 Y-392.124 Z-2.5
N239 X-0.274 Y-392.151 Z-2.5
N240 X-0.538 Y-392.232 Z-2.5
N241 X-0.78 Y-392.362 Z-2.5
N242 X-0.993 Y-392.537 Z-2.5
N243 X-1.167 Y-392.75 Z-2.5
N244 X-1.297 Y-392.993 Z-2.5

N245 X-1.376 Y-393.257 Z-2.5
N246 X-1.443 Y-393.959 Z-2.5
N247 X-1.456 Y-660.13 Z-2.5
N248 G03 X-0.009 Y-661.595 Z-2.5 I1.456 J-0.009
N249 G03 X1.456 Y-660.177 Z-2.5 I0.009 J1.456
N250 G01 X1.449 Y-527.068 Z-2.5
N251 X0.949 Y-527.068 Z-2.5
N252 G40
N253 G00 X0.949 Y-527.068 Z8.5
N254 G00 X1.317 Y-561.427 Z8.5
N255 G01 X1.317 Y-561.427 Z-1.5
N256 X1.315 Y-527.071 Z-3.
N257 G41
N258 X1.315 Y-527.07 Z-3.
N259 X1.309 Y-393.965 Z-3.
N260 X1.244 Y-393.283 Z-3.
N261 X1.172 Y-393.044 Z-3.
N262 X1.055 Y-392.825 Z-3.
N263 X0.898 Y-392.632 Z-3.
N264 X0.706 Y-392.473 Z-3.
N265 X0.486 Y-392.356 Z-3.
N266 X0.248 Y-392.283 Z-3.
N267 X0.0 Y-392.259 Z-3.
N268 X-0.248 Y-392.283 Z-3.
N269 X-0.486 Y-392.356 Z-3.
N270 X-0.706 Y-392.473 Z-3.
N271 X-0.898 Y-392.632 Z-3.
N272 X-1.055 Y-392.825 Z-3.
N273 X-1.172 Y-393.044 Z-3.
N274 X-1.244 Y-393.283 Z-3.
N275 X-1.309 Y-393.965 Z-3.
N276 X-1.322 Y-660.13 Z-3.
N277 G03 X-0.008 Y-661.461 Z-3. I1.322 J-0.008
N278 G03 X1.322 Y-660.175 Z-3. I0.008 J1.322
N279 G01 X1.315 Y-527.07 Z-3.
N280 X0.815 Y-527.07 Z-3.
N281 G40
N282 G00 X0.815 Y-527.07 Z8.
N283 G00 X1.183 Y-561.429 Z8.
N284 G01 X1.183 Y-561.429 Z-2.
N285 X1.181 Y-527.073 Z-3.5
N286 G41
N287 X1.181 Y-527.072 Z-3.5
N288 X1.175 Y-393.971 Z-3.5
N289 X1.112 Y-393.309 Z-3.5
N290 X1.048 Y-393.096 Z-3.5
N291 X0.943 Y-392.899 Z-3.5
N292 X0.802 Y-392.727 Z-3.5
N293 X0.631 Y-392.585 Z-3.5

N294 X0.434 Y-392.48 Z-3.5
N295 X0.221 Y-392.415 Z-3.5
N296 X0.0 Y-392.394 Z-3.5
N297 X-0.221 Y-392.415 Z-3.5
N298 X-0.434 Y-392.48 Z-3.5
N299 X-0.631 Y-392.585 Z-3.5
N300 X-0.802 Y-392.727 Z-3.5
N301 X-0.943 Y-392.899 Z-3.5
N302 X-1.048 Y-393.096 Z-3.5
N303 X-1.112 Y-393.309 Z-3.5
N304 X-1.175 Y-393.971 Z-3.5
N305 X-1.188 Y-660.131 Z-3.5
N306 G03 X-0.007 Y-661.327 Z-3.5 I1.188 J-0.008
N307 G03 X1.188 Y-660.174 Z-3.5 I0.008 J1.188
N308 G01 X1.181 Y-527.072 Z-3.5
N309 X0.681 Y-527.072 Z-3.5
N310 G40
N311 G00 X0.681 Y-527.072 Z7.5
N312 G00 X1.049 Y-561.431 Z7.5
N313 G01 X1.049 Y-561.431 Z-2.5
N314 X1.047 Y-527.076 Z-4.
N315 G41
N316 X1.047 Y-527.075 Z-4.
N317 X1.041 Y-393.978 Z-4.
N318 X0.98 Y-393.335 Z-4.
N319 X0.923 Y-393.147 Z-4.
N320 X0.831 Y-392.974 Z-4.
N321 X0.707 Y-392.822 Z-4.
N322 X0.556 Y-392.697 Z-4.
N323 X0.383 Y-392.604 Z-4.
N324 X0.195 Y-392.547 Z-4.
N325 X0.0 Y-392.528 Z-4.
N326 X-0.195 Y-392.547 Z-4.
N327 X-0.383 Y-392.604 Z-4.
N328 X-0.556 Y-392.697 Z-4.
N329 X-0.707 Y-392.822 Z-4.
N330 X-0.831 Y-392.974 Z-4.
N331 X-0.923 Y-393.147 Z-4.
N332 X-0.98 Y-393.335 Z-4.
N333 X-1.041 Y-393.978 Z-4.
N334 X-1.054 Y-660.132 Z-4.
N335 G03 X-0.007 Y-661.193 Z-4. I1.054 J-0.007
N336 G03 X1.054 Y-660.171 Z-4. I0.007 J1.054
N337 G01 X1.047 Y-527.075 Z-4.
N338 X0.547 Y-527.075 Z-4.
N339 G40
N340 G00 X0.547 Y-527.075 Z7.
N341 G00 X0.915 Y-561.433 Z7.
N342 G01 X0.915 Y-561.433 Z-3.

N343 X0.913 Y-527.078 Z-4.5
N344 G41
N345 X0.913 Y-527.077 Z-4.5
N346 X0.907 Y-393.984 Z-4.5
N347 X0.847 Y-393.36 Z-4.5
N348 X0.799 Y-393.198 Z-4.5
N349 X0.719 Y-393.048 Z-4.5
N350 X0.612 Y-392.917 Z-4.5
N351 X0.481 Y-392.809 Z-4.5
N352 X0.331 Y-392.729 Z-4.5
N353 X0.169 Y-392.679 Z-4.5
N354 X0.0 Y-392.663 Z-4.5
N355 X-0.169 Y-392.679 Z-4.5
N356 X-0.331 Y-392.729 Z-4.5
N357 X-0.481 Y-392.809 Z-4.5
N358 X-0.612 Y-392.917 Z-4.5
N359 X-0.719 Y-393.048 Z-4.5
N360 X-0.799 Y-393.198 Z-4.5
N361 X-0.847 Y-393.36 Z-4.5
N362 X-0.907 Y-393.984 Z-4.5
N363 X-0.92 Y-660.133 Z-4.5
N364 G03 X-0.006 Y-661.059 Z-4.5 I0.92 J-0.006
N365 G03 X0.92 Y-660.169 Z-4.5 I0.006 J0.92
N366 G01 X0.913 Y-527.077 Z-4.5
N367 X0.413 Y-527.077 Z-4.5
N368 G40
N369 G00 X0.413 Y-527.077 Z6.5
N370 G00 X0.781 Y-561.435 Z6.5
N371 G01 X0.781 Y-561.435 Z-3.5
N372 X0.78 Y-527.08 Z-5.
N373 G41
N374 X0.78 Y-527.079 Z-5.
N375 X0.773 Y-393.991 Z-5.
N376 X0.715 Y-393.386 Z-5.
N377 X0.674 Y-393.249 Z-5.
N378 X0.607 Y-393.123 Z-5.
N379 X0.516 Y-393.012 Z-5.
N380 X0.406 Y-392.921 Z-5.
N381 X0.28 Y-392.853 Z-5.
N382 X0.143 Y-392.812 Z-5.
N383 X0.0 Y-392.797 Z-5.
N384 X-0.143 Y-392.812 Z-5.
N385 X-0.28 Y-392.853 Z-5.
N386 X-0.406 Y-392.921 Z-5.
N387 X-0.516 Y-393.012 Z-5.
N388 X-0.607 Y-393.123 Z-5.
N389 X-0.674 Y-393.249 Z-5.
N390 X-0.715 Y-393.386 Z-5.
N391 X-0.773 Y-393.991 Z-5.

N392 X-0.786 Y-660.134 Z-5.
N393 G03 X-0.005 Y-660.925 Z-5. I0.786 J-0.005
N394 G03 X0.786 Y-660.167 Z-5. I0.005 J0.786
N395 G01 X0.78 Y-527.079 Z-5.
N396 X0.28 Y-527.079 Z-5.
N397 G40
N398 G00 X0.28 Y-527.079 Z200.
N399 R2=R1+R2
N400 REPEAT BEGIN1 P=16
N401 G00 Z200.
N402 BEGIN2:
N403 G00 B=R3
N108 G00 X1.987 Y-561.415 Z200.
N109 G00 X1.987 Y-561.415 Z11.
N110 G01 X1.987 Y-561.415 Z1. F1000.
N111 X1.985 Y-527.059 Z-0.5
N112 G41
N113 X1.985 Y-527.058 Z-0.5
N114 X1.979 Y-393.933 Z-0.5
N115 X1.904 Y-393.154 Z-0.5
N116 X1.795 Y-392.788 Z-0.5
N117 X1.616 Y-392.452 Z-0.5
N118 X1.375 Y-392.157 Z-0.5
N119 X1.08 Y-391.914 Z-0.5
N120 X0.744 Y-391.734 Z-0.5
N121 X0.379 Y-391.623 Z-0.5
N122 X0.0 Y-391.586 Z-0.5
N123 X-0.379 Y-391.623 Z-0.5
N124 X-0.744 Y-391.734 Z-0.5
N125 X-1.08 Y-391.914 Z-0.5
N126 X-1.375 Y-392.157 Z-0.5
N127 X-1.616 Y-392.452 Z-0.5
N128 X-1.795 Y-392.788 Z-0.5
N129 X-1.904 Y-393.154 Z-0.5
N130 X-1.979 Y-393.933 Z-0.5
N131 X-1.992 Y-660.126 Z-0.5
N132 G03 X-0.012 Y-662.131 Z-0.5 I1.992 J-0.013
N133 G03 X1.992 Y-660.184 Z-0.5 I0.013 J1.992
N134 G01 X1.985 Y-527.058 Z-0.5
N135 X1.485 Y-527.059 Z-0.5
N136 G40
N137 G00 X1.485 Y-527.059 Z10.5
N138 G00 X1.853 Y-561.418 Z10.5
N139 G01 X1.853 Y-561.418 Z0.5
N140 X1.851 Y-527.062 Z-1.
N141 G41
N142 X1.851 Y-527.061 Z-1.
N143 X1.845 Y-393.94 Z-1.
N144 X1.772 Y-393.179 Z-1.

N145 X1.67 Y-392.84 Z-1.
N146 X1.504 Y-392.526 Z-1.
N147 X1.279 Y-392.252 Z-1.
N148 X1.005 Y-392.026 Z-1.
N149 X0.693 Y-391.858 Z-1.
N150 X0.353 Y-391.755 Z-1.
N151 X0.0 Y-391.72 Z-1.
N152 X-0.353 Y-391.755 Z-1.
N153 X-0.693 Y-391.858 Z-1.
N154 X-1.005 Y-392.026 Z-1.
N155 X-1.279 Y-392.252 Z-1.
N156 X-1.504 Y-392.526 Z-1.
N157 X-1.67 Y-392.84 Z-1.
N158 X-1.772 Y-393.179 Z-1.
N159 X-1.845 Y-393.94 Z-1.
N160 X-1.858 Y-660.127 Z-1.
N161 G03 X-0.012 Y-661.997 Z-1. I1.858 J-0.012
N162 G03 X1.858 Y-660.182 Z-1. I0.012 J1.858
N163 G01 X1.851 Y-527.061 Z-1.
N164 X1.351 Y-527.061 Z-1.
N165 G40
N166 G00 X1.351 Y-527.061 Z10.
N167 G00 X1.719 Y-561.42 Z10.
N168 G01 X1.719 Y-561.42 Z0.0
N169 X1.717 Y-527.064 Z-1.5
N170 G41
N171 X1.717 Y-527.063 Z-1.5
N172 X1.711 Y-393.946 Z-1.5
N173 X1.64 Y-393.205 Z-1.5
N174 X1.546 Y-392.891 Z-1.5
N175 X1.392 Y-392.601 Z-1.5
N176 X1.184 Y-392.347 Z-1.5
N177 X0.93 Y-392.138 Z-1.5
N178 X0.641 Y-391.983 Z-1.5
N179 X0.327 Y-391.887 Z-1.5
N180 X0.0 Y-391.855 Z-1.5
N181 X-0.327 Y-391.887 Z-1.5
N182 X-0.641 Y-391.983 Z-1.5
N183 X-0.93 Y-392.138 Z-1.5
N184 X-1.184 Y-392.347 Z-1.5
N185 X-1.392 Y-392.601 Z-1.5
N186 X-1.546 Y-392.891 Z-1.5
N187 X-1.64 Y-393.205 Z-1.5
N188 X-1.711 Y-393.946 Z-1.5
N189 X-1.724 Y-660.128 Z-1.5
N190 G03 X-0.011 Y-661.863 Z-1.5 I1.724 J-0.011
N191 G03 X1.724 Y-660.181 Z-1.5 I0.011 J1.724
N192 G01 X1.717 Y-527.063 Z-1.5
N193 X1.217 Y-527.063 Z-1.5

N194 G40
N195 G00 X1.217 Y-527.063 Z9.5
N196 G00 X1.585 Y-561.422 Z9.5
N197 G01 X1.585 Y-561.422 Z-0.5
N198 X1.583 Y-527.067 Z-2.
N199 G41
N200 X1.583 Y-527.066 Z-2.
N201 X1.577 Y-393.952 Z-2.
N202 X1.508 Y-393.231 Z-2.
N203 X1.421 Y-392.942 Z-2.
N204 X1.28 Y-392.675 Z-2.
N205 X1.088 Y-392.442 Z-2.
N206 X0.855 Y-392.25 Z-2.
N207 X0.589 Y-392.107 Z-2.
N208 X0.3 Y-392.019 Z-2.
N209 X0.0 Y-391.99 Z-2.
N210 X-0.3 Y-392.019 Z-2.
N211 X-0.589 Y-392.107 Z-2.
N212 X-0.855 Y-392.25 Z-2.
N213 X-1.088 Y-392.442 Z-2.
N214 X-1.28 Y-392.675 Z-2.
N215 X-1.421 Y-392.942 Z-2.
N216 X-1.508 Y-393.231 Z-2.
N217 X-1.577 Y-393.952 Z-2.
N218 X-1.59 Y-660.129 Z-2.
N219 G03 X-0.01 Y-661.729 Z-2. I1.59 J-0.01
N220 G03 X1.59 Y-660.179 Z-2. I0.01 J1.59
N221 G01 X1.583 Y-527.066 Z-2.
N222 X1.083 Y-527.066 Z-2.
N223 G40
N224 G00 X1.083 Y-527.066 Z9.
N225 G00 X1.451 Y-561.425 Z9.
N226 G01 X1.451 Y-561.425 Z-1.
N227 X1.449 Y-527.069 Z-2.5
N228 G41
N229 X1.449 Y-527.068 Z-2.5
N230 X1.443 Y-393.959 Z-2.5
N231 X1.376 Y-393.257 Z-2.5
N232 X1.297 Y-392.993 Z-2.5
N233 X1.167 Y-392.75 Z-2.5
N234 X0.993 Y-392.537 Z-2.5
N235 X0.78 Y-392.362 Z-2.5
N236 X0.538 Y-392.232 Z-2.5
N237 X0.274 Y-392.151 Z-2.5
N238 X0.0 Y-392.124 Z-2.5
N239 X-0.274 Y-392.151 Z-2.5
N240 X-0.538 Y-392.232 Z-2.5
N241 X-0.78 Y-392.362 Z-2.5
N242 X-0.993 Y-392.537 Z-2.5

N243 X-1.167 Y-392.75 Z-2.5
N244 X-1.297 Y-392.993 Z-2.5
N245 X-1.376 Y-393.257 Z-2.5
N246 X-1.443 Y-393.959 Z-2.5
N247 X-1.456 Y-660.13 Z-2.5
N248 G03 X-0.009 Y-661.595 Z-2.5 I1.456 J-0.009
N249 G03 X1.456 Y-660.177 Z-2.5 I0.009 J1.456
N250 G01 X1.449 Y-527.068 Z-2.5
N251 X0.949 Y-527.068 Z-2.5
N252 G40
N253 G00 X0.949 Y-527.068 Z8.5
N254 G00 X1.317 Y-561.427 Z8.5
N255 G01 X1.317 Y-561.427 Z-1.5
N256 X1.315 Y-527.071 Z-3.
N257 G41
N258 X1.315 Y-527.07 Z-3.
N259 X1.309 Y-393.965 Z-3.
N260 X1.244 Y-393.283 Z-3.
N261 X1.172 Y-393.044 Z-3.
N262 X1.055 Y-392.825 Z-3.
N263 X0.898 Y-392.632 Z-3.
N264 X0.706 Y-392.473 Z-3.
N265 X0.486 Y-392.356 Z-3.
N266 X0.248 Y-392.283 Z-3.
N267 X0.0 Y-392.259 Z-3.
N268 X-0.248 Y-392.283 Z-3.
N269 X-0.486 Y-392.356 Z-3.
N270 X-0.706 Y-392.473 Z-3.
N271 X-0.898 Y-392.632 Z-3.
N272 X-1.055 Y-392.825 Z-3.
N273 X-1.172 Y-393.044 Z-3.
N274 X-1.244 Y-393.283 Z-3.
N275 X-1.309 Y-393.965 Z-3.
N276 X-1.322 Y-660.13 Z-3.
N277 G03 X-0.008 Y-661.461 Z-3. I1.322 J-0.008
N278 G03 X1.322 Y-660.175 Z-3. I0.008 J1.322
N279 G01 X1.315 Y-527.07 Z-3.
N280 X0.815 Y-527.07 Z-3.
N281 G40
N282 G00 X0.815 Y-527.07 Z8.
N283 G00 X1.183 Y-561.429 Z8.
N284 G01 X1.183 Y-561.429 Z-2.
N285 X1.181 Y-527.073 Z-3.5
N286 G41
N287 X1.181 Y-527.072 Z-3.5
N288 X1.175 Y-393.971 Z-3.5
N289 X1.112 Y-393.309 Z-3.5
N290 X1.048 Y-393.096 Z-3.5
N291 X0.943 Y-392.899 Z-3.5

N292 X0.802 Y-392.727 Z-3.5
N293 X0.631 Y-392.585 Z-3.5
N294 X0.434 Y-392.48 Z-3.5
N295 X0.221 Y-392.415 Z-3.5
N296 X0.0 Y-392.394 Z-3.5
N297 X-0.221 Y-392.415 Z-3.5
N298 X-0.434 Y-392.48 Z-3.5
N299 X-0.631 Y-392.585 Z-3.5
N300 X-0.802 Y-392.727 Z-3.5
N301 X-0.943 Y-392.899 Z-3.5
N302 X-1.048 Y-393.096 Z-3.5
N303 X-1.112 Y-393.309 Z-3.5
N304 X-1.175 Y-393.971 Z-3.5
N305 X-1.188 Y-660.131 Z-3.5
N306 G03 X-0.007 Y-661.327 Z-3.5 I1.188 J-0.008
N307 G03 X1.188 Y-660.174 Z-3.5 I0.008 J1.188
N308 G01 X1.181 Y-527.072 Z-3.5
N309 X0.681 Y-527.072 Z-3.5
N310 G40
N311 G00 X0.681 Y-527.072 Z7.5
N312 G00 X1.049 Y-561.431 Z7.5
N313 G01 X1.049 Y-561.431 Z-2.5
N314 X1.047 Y-527.076 Z-4.
N315 G41
N316 X1.047 Y-527.075 Z-4.
N317 X1.041 Y-393.978 Z-4.
N318 X0.98 Y-393.335 Z-4.
N319 X0.923 Y-393.147 Z-4.
N320 X0.831 Y-392.974 Z-4.
N321 X0.707 Y-392.822 Z-4.
N322 X0.556 Y-392.697 Z-4.
N323 X0.383 Y-392.604 Z-4.
N324 X0.195 Y-392.547 Z-4.
N325 X0.0 Y-392.528 Z-4.
N326 X-0.195 Y-392.547 Z-4.
N327 X-0.383 Y-392.604 Z-4.
N328 X-0.556 Y-392.697 Z-4.
N329 X-0.707 Y-392.822 Z-4.
N330 X-0.831 Y-392.974 Z-4.
N331 X-0.923 Y-393.147 Z-4.
N332 X-0.98 Y-393.335 Z-4.
N333 X-1.041 Y-393.978 Z-4.
N334 X-1.054 Y-660.132 Z-4.
N335 G03 X-0.007 Y-661.193 Z-4. I1.054 J-0.007
N336 G03 X1.054 Y-660.171 Z-4. I0.007 J1.054
N337 G01 X1.047 Y-527.075 Z-4.
N338 X0.547 Y-527.075 Z-4.
N339 G40
N340 G00 X0.547 Y-527.075 Z7.

N341 G00 X0.915 Y-561.433 Z7.
N342 G01 X0.915 Y-561.433 Z-3.
N343 X0.913 Y-527.078 Z-4.5
N344 G41
N345 X0.913 Y-527.077 Z-4.5
N346 X0.907 Y-393.984 Z-4.5
N347 X0.847 Y-393.36 Z-4.5
N348 X0.799 Y-393.198 Z-4.5
N349 X0.719 Y-393.048 Z-4.5
N350 X0.612 Y-392.917 Z-4.5
N351 X0.481 Y-392.809 Z-4.5
N352 X0.331 Y-392.729 Z-4.5
N353 X0.169 Y-392.679 Z-4.5
N354 X0.0 Y-392.663 Z-4.5
N355 X-0.169 Y-392.679 Z-4.5
N356 X-0.331 Y-392.729 Z-4.5
N357 X-0.481 Y-392.809 Z-4.5
N358 X-0.612 Y-392.917 Z-4.5
N359 X-0.719 Y-393.048 Z-4.5
N360 X-0.799 Y-393.198 Z-4.5
N361 X-0.847 Y-393.36 Z-4.5
N362 X-0.907 Y-393.984 Z-4.5
N363 X-0.92 Y-660.133 Z-4.5
N364 G03 X-0.006 Y-661.059 Z-4.5 I0.92 J-0.006
N365 G03 X0.92 Y-660.169 Z-4.5 I0.006 J0.92
N366 G01 X0.913 Y-527.077 Z-4.5
N367 X0.413 Y-527.077 Z-4.5
N368 G40
N369 G00 X0.413 Y-527.077 Z6.5
N370 G00 X0.781 Y-561.435 Z6.5
N371 G01 X0.781 Y-561.435 Z-3.5
N372 X0.78 Y-527.08 Z-5.
N373 G41
N374 X0.78 Y-527.079 Z-5.
N375 X0.773 Y-393.991 Z-5.
N376 X0.715 Y-393.386 Z-5.
N377 X0.674 Y-393.249 Z-5.
N378 X0.607 Y-393.123 Z-5.
N379 X0.516 Y-393.012 Z-5.
N380 X0.406 Y-392.921 Z-5.
N381 X0.28 Y-392.853 Z-5.
N382 X0.143 Y-392.812 Z-5.
N383 X0.0 Y-392.797 Z-5.
N384 X-0.143 Y-392.812 Z-5.
N385 X-0.28 Y-392.853 Z-5.
N386 X-0.406 Y-392.921 Z-5.
N387 X-0.516 Y-393.012 Z-5.
N388 X-0.607 Y-393.123 Z-5.
N389 X-0.674 Y-393.249 Z-5.

N390 X-0.715 Y-393.386 Z-5.
N391 X-0.773 Y-393.991 Z-5.
N392 X-0.786 Y-660.134 Z-5.
N393 G03 X-0.005 Y-660.925 Z-5. I0.786 J-0.005
N394 G03 X0.786 Y-660.167 Z-5. I0.005 J0.786
N395 G01 X0.78 Y-527.079 Z-5.
N396 X0.28 Y-527.079 Z-5.
N397 G40
N398 G00 X0.28 Y-527.079 Z200.
N399 R3=R1+R3
N400 REPEAT BEGIN2 P=16
N401 G00 Z200.
N402 BEGIN3:
N403 G00 B=R4
N108 G00 X1.987 Y-561.415 Z200.
N109 G00 X1.987 Y-561.415 Z11.
N110 G01 X1.987 Y-561.415 Z1. F1000.
N111 X1.985 Y-527.059 Z-0.5
N112 G41
N113 X1.985 Y-527.058 Z-0.5
N114 X1.979 Y-393.933 Z-0.5
N115 X1.904 Y-393.154 Z-0.5
N116 X1.795 Y-392.788 Z-0.5
N117 X1.616 Y-392.452 Z-0.5
N118 X1.375 Y-392.157 Z-0.5
N119 X1.08 Y-391.914 Z-0.5
N120 X0.744 Y-391.734 Z-0.5
N121 X0.379 Y-391.623 Z-0.5
N122 X0.0 Y-391.586 Z-0.5
N123 X-0.379 Y-391.623 Z-0.5
N124 X-0.744 Y-391.734 Z-0.5
N125 X-1.08 Y-391.914 Z-0.5
N126 X-1.375 Y-392.157 Z-0.5
N127 X-1.616 Y-392.452 Z-0.5
N128 X-1.795 Y-392.788 Z-0.5
N129 X-1.904 Y-393.154 Z-0.5
N130 X-1.979 Y-393.933 Z-0.5
N131 X-1.992 Y-660.126 Z-0.5
N132 G03 X-0.012 Y-662.131 Z-0.5 I1.992 J-0.013
N133 G03 X1.992 Y-660.184 Z-0.5 I0.013 J1.992
N134 G01 X1.985 Y-527.058 Z-0.5
N135 X1.485 Y-527.059 Z-0.5
N136 G40
N137 G00 X1.485 Y-527.059 Z10.5
N138 G00 X1.853 Y-561.418 Z10.5
N139 G01 X1.853 Y-561.418 Z0.5
N140 X1.851 Y-527.062 Z-1.
N141 G41
N142 X1.851 Y-527.061 Z-1.

N143 X1.845 Y-393.94 Z-1.
N144 X1.772 Y-393.179 Z-1.
N145 X1.67 Y-392.84 Z-1.
N146 X1.504 Y-392.526 Z-1.
N147 X1.279 Y-392.252 Z-1.
N148 X1.005 Y-392.026 Z-1.
N149 X0.693 Y-391.858 Z-1.
N150 X0.353 Y-391.755 Z-1.
N151 X0.0 Y-391.72 Z-1.
N152 X-0.353 Y-391.755 Z-1.
N153 X-0.693 Y-391.858 Z-1.
N154 X-1.005 Y-392.026 Z-1.
N155 X-1.279 Y-392.252 Z-1.
N156 X-1.504 Y-392.526 Z-1.
N157 X-1.67 Y-392.84 Z-1.
N158 X-1.772 Y-393.179 Z-1.
N159 X-1.845 Y-393.94 Z-1.
N160 X-1.858 Y-660.127 Z-1.
N161 G03 X-0.012 Y-661.997 Z-1. I1.858 J-0.012
N162 G03 X1.858 Y-660.182 Z-1. I0.012 J1.858
N163 G01 X1.851 Y-527.061 Z-1.
N164 X1.351 Y-527.061 Z-1.
N165 G40
N166 G00 X1.351 Y-527.061 Z10.
N167 G00 X1.719 Y-561.42 Z10.
N168 G01 X1.719 Y-561.42 Z0.0
N169 X1.717 Y-527.064 Z-1.5
N170 G41
N171 X1.717 Y-527.063 Z-1.5
N172 X1.711 Y-393.946 Z-1.5
N173 X1.64 Y-393.205 Z-1.5
N174 X1.546 Y-392.891 Z-1.5
N175 X1.392 Y-392.601 Z-1.5
N176 X1.184 Y-392.347 Z-1.5
N177 X0.93 Y-392.138 Z-1.5
N178 X0.641 Y-391.983 Z-1.5
N179 X0.327 Y-391.887 Z-1.5
N180 X0.0 Y-391.855 Z-1.5
N181 X-0.327 Y-391.887 Z-1.5
N182 X-0.641 Y-391.983 Z-1.5
N183 X-0.93 Y-392.138 Z-1.5
N184 X-1.184 Y-392.347 Z-1.5
N185 X-1.392 Y-392.601 Z-1.5
N186 X-1.546 Y-392.891 Z-1.5
N187 X-1.64 Y-393.205 Z-1.5
N188 X-1.711 Y-393.946 Z-1.5
N189 X-1.724 Y-660.128 Z-1.5
N190 G03 X-0.011 Y-661.863 Z-1.5 I1.724 J-0.011
N191 G03 X1.724 Y-660.181 Z-1.5 I0.011 J1.724

N192 G01 X1.717 Y-527.063 Z-1.5
N193 X1.217 Y-527.063 Z-1.5
N194 G40
N195 G00 X1.217 Y-527.063 Z9.5
N196 G00 X1.585 Y-561.422 Z9.5
N197 G01 X1.585 Y-561.422 Z-0.5
N198 X1.583 Y-527.067 Z-2.
N199 G41
N200 X1.583 Y-527.066 Z-2.
N201 X1.577 Y-393.952 Z-2.
N202 X1.508 Y-393.231 Z-2.
N203 X1.421 Y-392.942 Z-2.
N204 X1.28 Y-392.675 Z-2.
N205 X1.088 Y-392.442 Z-2.
N206 X0.855 Y-392.25 Z-2.
N207 X0.589 Y-392.107 Z-2.
N208 X0.3 Y-392.019 Z-2.
N209 X0.0 Y-391.99 Z-2.
N210 X-0.3 Y-392.019 Z-2.
N211 X-0.589 Y-392.107 Z-2.
N212 X-0.855 Y-392.25 Z-2.
N213 X-1.088 Y-392.442 Z-2.
N214 X-1.28 Y-392.675 Z-2.
N215 X-1.421 Y-392.942 Z-2.
N216 X-1.508 Y-393.231 Z-2.
N217 X-1.577 Y-393.952 Z-2.
N218 X-1.59 Y-660.129 Z-2.
N219 G03 X-0.01 Y-661.729 Z-2. I1.59 J-0.01
N220 G03 X1.59 Y-660.179 Z-2. I0.01 J1.59
N221 G01 X1.583 Y-527.066 Z-2.
N222 X1.083 Y-527.066 Z-2.
N223 G40
N224 G00 X1.083 Y-527.066 Z9.
N225 G00 X1.451 Y-561.425 Z9.
N226 G01 X1.451 Y-561.425 Z-1.
N227 X1.449 Y-527.069 Z-2.5
N228 G41
N229 X1.449 Y-527.068 Z-2.5
N230 X1.443 Y-393.959 Z-2.5
N231 X1.376 Y-393.257 Z-2.5
N232 X1.297 Y-392.993 Z-2.5
N233 X1.167 Y-392.75 Z-2.5
N234 X0.993 Y-392.537 Z-2.5
N235 X0.78 Y-392.362 Z-2.5
N236 X0.538 Y-392.232 Z-2.5
N237 X0.274 Y-392.151 Z-2.5
N238 X0.0 Y-392.124 Z-2.5
N239 X-0.274 Y-392.151 Z-2.5
N240 X-0.538 Y-392.232 Z-2.5

N241 X-0.78 Y-392.362 Z-2.5
N242 X-0.993 Y-392.537 Z-2.5
N243 X-1.167 Y-392.75 Z-2.5
N244 X-1.297 Y-392.993 Z-2.5
N245 X-1.376 Y-393.257 Z-2.5
N246 X-1.443 Y-393.959 Z-2.5
N247 X-1.456 Y-660.13 Z-2.5
N248 G03 X-0.009 Y-661.595 Z-2.5 I1.456 J-0.009
N249 G03 X1.456 Y-660.177 Z-2.5 I0.009 J1.456
N250 G01 X1.449 Y-527.068 Z-2.5
N251 X0.949 Y-527.068 Z-2.5
N252 G40
N253 G00 X0.949 Y-527.068 Z8.5
N254 G00 X1.317 Y-561.427 Z8.5
N255 G01 X1.317 Y-561.427 Z-1.5
N256 X1.315 Y-527.071 Z-3.
N257 G41
N258 X1.315 Y-527.07 Z-3.
N259 X1.309 Y-393.965 Z-3.
N260 X1.244 Y-393.283 Z-3.
N261 X1.172 Y-393.044 Z-3.
N262 X1.055 Y-392.825 Z-3.
N263 X0.898 Y-392.632 Z-3.
N264 X0.706 Y-392.473 Z-3.
N265 X0.486 Y-392.356 Z-3.
N266 X0.248 Y-392.283 Z-3.
N267 X0.0 Y-392.259 Z-3.
N268 X-0.248 Y-392.283 Z-3.
N269 X-0.486 Y-392.356 Z-3.
N270 X-0.706 Y-392.473 Z-3.
N271 X-0.898 Y-392.632 Z-3.
N272 X-1.055 Y-392.825 Z-3.
N273 X-1.172 Y-393.044 Z-3.
N274 X-1.244 Y-393.283 Z-3.
N275 X-1.309 Y-393.965 Z-3.
N276 X-1.322 Y-660.13 Z-3.
N277 G03 X-0.008 Y-661.461 Z-3. I1.322 J-0.008
N278 G03 X1.322 Y-660.175 Z-3. I0.008 J1.322
N279 G01 X1.315 Y-527.07 Z-3.
N280 X0.815 Y-527.07 Z-3.
N281 G40
N282 G00 X0.815 Y-527.07 Z8.
N283 G00 X1.183 Y-561.429 Z8.
N284 G01 X1.183 Y-561.429 Z-2.
N285 X1.181 Y-527.073 Z-3.5
N286 G41
N287 X1.181 Y-527.072 Z-3.5
N288 X1.175 Y-393.971 Z-3.5
N289 X1.112 Y-393.309 Z-3.5

N290 X1.048 Y-393.096 Z-3.5
N291 X0.943 Y-392.899 Z-3.5
N292 X0.802 Y-392.727 Z-3.5
N293 X0.631 Y-392.585 Z-3.5
N294 X0.434 Y-392.48 Z-3.5
N295 X0.221 Y-392.415 Z-3.5
N296 X0.0 Y-392.394 Z-3.5
N297 X-0.221 Y-392.415 Z-3.5
N298 X-0.434 Y-392.48 Z-3.5
N299 X-0.631 Y-392.585 Z-3.5
N300 X-0.802 Y-392.727 Z-3.5
N301 X-0.943 Y-392.899 Z-3.5
N302 X-1.048 Y-393.096 Z-3.5
N303 X-1.112 Y-393.309 Z-3.5
N304 X-1.175 Y-393.971 Z-3.5
N305 X-1.188 Y-660.131 Z-3.5
N306 G03 X-0.007 Y-661.327 Z-3.5 I1.188 J-0.008
N307 G03 X1.188 Y-660.174 Z-3.5 I0.008 J1.188
N308 G01 X1.181 Y-527.072 Z-3.5
N309 X0.681 Y-527.072 Z-3.5
N310 G40
N311 G00 X0.681 Y-527.072 Z7.5
N312 G00 X1.049 Y-561.431 Z7.5
N313 G01 X1.049 Y-561.431 Z-2.5
N314 X1.047 Y-527.076 Z-4.
N315 G41
N316 X1.047 Y-527.075 Z-4.
N317 X1.041 Y-393.978 Z-4.
N318 X0.98 Y-393.335 Z-4.
N319 X0.923 Y-393.147 Z-4.
N320 X0.831 Y-392.974 Z-4.
N321 X0.707 Y-392.822 Z-4.
N322 X0.556 Y-392.697 Z-4.
N323 X0.383 Y-392.604 Z-4.
N324 X0.195 Y-392.547 Z-4.
N325 X0.0 Y-392.528 Z-4.
N326 X-0.195 Y-392.547 Z-4.
N327 X-0.383 Y-392.604 Z-4.
N328 X-0.556 Y-392.697 Z-4.
N329 X-0.707 Y-392.822 Z-4.
N330 X-0.831 Y-392.974 Z-4.
N331 X-0.923 Y-393.147 Z-4.
N332 X-0.98 Y-393.335 Z-4.
N333 X-1.041 Y-393.978 Z-4.
N334 X-1.054 Y-660.132 Z-4.
N335 G03 X-0.007 Y-661.193 Z-4. I1.054 J-0.007
N336 G03 X1.054 Y-660.171 Z-4. I0.007 J1.054
N337 G01 X1.047 Y-527.075 Z-4.
N338 X0.547 Y-527.075 Z-4.

N339 G40
N340 G00 X0.547 Y-527.075 Z7.
N341 G00 X0.915 Y-561.433 Z7.
N342 G01 X0.915 Y-561.433 Z-3.
N343 X0.913 Y-527.078 Z-4.5
N344 G41
N345 X0.913 Y-527.077 Z-4.5
N346 X0.907 Y-393.984 Z-4.5
N347 X0.847 Y-393.36 Z-4.5
N348 X0.799 Y-393.198 Z-4.5
N349 X0.719 Y-393.048 Z-4.5
N350 X0.612 Y-392.917 Z-4.5
N351 X0.481 Y-392.809 Z-4.5
N352 X0.331 Y-392.729 Z-4.5
N353 X0.169 Y-392.679 Z-4.5
N354 X0.0 Y-392.663 Z-4.5
N355 X-0.169 Y-392.679 Z-4.5
N356 X-0.331 Y-392.729 Z-4.5
N357 X-0.481 Y-392.809 Z-4.5
N358 X-0.612 Y-392.917 Z-4.5
N359 X-0.719 Y-393.048 Z-4.5
N360 X-0.799 Y-393.198 Z-4.5
N361 X-0.847 Y-393.36 Z-4.5
N362 X-0.907 Y-393.984 Z-4.5
N363 X-0.92 Y-660.133 Z-4.5
N364 G03 X-0.006 Y-661.059 Z-4.5 I0.92 J-0.006
N365 G03 X0.92 Y-660.169 Z-4.5 I0.006 J0.92
N366 G01 X0.913 Y-527.077 Z-4.5
N367 X0.413 Y-527.077 Z-4.5
N368 G40
N369 G00 X0.413 Y-527.077 Z6.5
N370 G00 X0.781 Y-561.435 Z6.5
N371 G01 X0.781 Y-561.435 Z-3.5
N372 X0.78 Y-527.08 Z-5.
N373 G41
N374 X0.78 Y-527.079 Z-5.
N375 X0.773 Y-393.991 Z-5.
N376 X0.715 Y-393.386 Z-5.
N377 X0.674 Y-393.249 Z-5.
N378 X0.607 Y-393.123 Z-5.
N379 X0.516 Y-393.012 Z-5.
N380 X0.406 Y-392.921 Z-5.
N381 X0.28 Y-392.853 Z-5.
N382 X0.143 Y-392.812 Z-5.
N383 X0.0 Y-392.797 Z-5.
N384 X-0.143 Y-392.812 Z-5.
N385 X-0.28 Y-392.853 Z-5.
N386 X-0.406 Y-392.921 Z-5.
N387 X-0.516 Y-393.012 Z-5.

N388 X-0.607 Y-393.123 Z-5.
N389 X-0.674 Y-393.249 Z-5.
N390 X-0.715 Y-393.386 Z-5.
N391 X-0.773 Y-393.991 Z-5.
N392 X-0.786 Y-660.134 Z-5.
N393 G03 X-0.005 Y-660.925 Z-5. I0.786 J-0.005
N394 G03 X0.786 Y-660.167 Z-5. I0.005 J0.786
N395 G01 X0.78 Y-527.079 Z-5.
N396 X0.28 Y-527.079 Z-5.
N397 G40
N398 G00 X0.28 Y-527.079 Z200.
N399 R4=R1+R4
N400 REPEAT BEGIN3 P=16
N401 G00 Z200.
N400 M30

Příloha 2

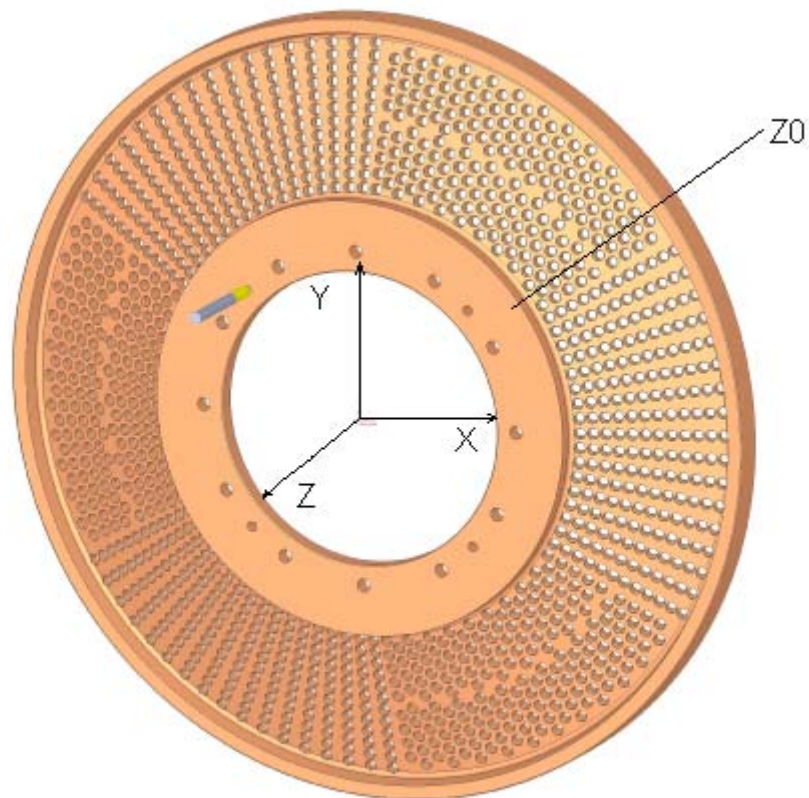
Vrtání čelo – úhelník

Najetí počátku dle:

X0 – střed statoru,

Y0 – střed statoru,

Z0 – čelo statoru.



;Soubor : 5540_067_002_d1

; Cimatron E postprocessor

; ver.2.3 - S840D-3X

; 2009/4/6

; Tabulka nástroju :

;N5 T="VRTAK D23" D=23. R=0.0 ;T238 vylozeni:119.

;N10 T="VRTAK D17.5" D=17.5 R=0.0 ;T247 vylozeni:73.

;N15 T="SRAZEC D16-28" D=16. R=0.8 ;T166 vylozeni:60.

;N20 T="ZAVITNIK M20" D=20. R=0.0 ;T357 vylozeni:200.

; celo_vinkl
N101 G90 G17 G54 G64

; vrtani_D23_12x
; VRTAK D23
; Prumer : 23.
; Radius : 0.0
N102 M05
N103 M00
N104 T238
N105 M06
N106 G00 G40 G17 G90 G54
N107 S1200 M03 F120.
N108 G00 X-285. Y0.0
N109 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,35.)
N110 X-285. Y0.0
N111 X-246.817 Y142.5
N112 X-142.5 Y246.817
N113 X0.0 Y285.
N114 X142.5 Y246.817
N115 X246.817 Y142.5
N116 X285. Y0.0
N117 X246.817 Y-142.5
N118 X142.5 Y-246.817
N119 X0.0 Y-285.
N120 X-142.5 Y-246.817
N121 X-246.817 Y-142.5
N122 MCALL
N123 G00 Z200.

; vrtani_M20_4x
; VRTAK D17.5
; Prumer : 17.5
; Radius : 0.0
N124 M05
N125 M00
N126 T247
N127 M06
N128 G00 G40 G17 G90 G54
N129 S1400 M03 F140.
N130 G00 X-201.525 Y201.525
N131 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,35.)
N132 X-201.525 Y201.525
N133 X201.525 Y201.525
N134 X201.525 Y-201.525
N135 X-201.525 Y-201.525
N136 MCALL
N137 G00 Z200.

; odjehleni_D23_12x
; SRAZEC D16-28
; Prumer : 16.
; Radius : 0.8
N138 M05
N139 M00
N140 T166
N141 M06
N142 G00 G40 G17 G90 G54
N143 S1200 M03 F250.
N144 G00 X-285. Y0.0
N145 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,4.)
N146 X-285. Y0.0
N147 X-246.817 Y142.5
N148 X-142.5 Y246.817
N149 X0.0 Y285.
N150 X142.5 Y246.817
N151 X246.817 Y142.5
N152 X285. Y0.0
N153 X246.817 Y-142.5
N154 X142.5 Y-246.817
N155 X0.0 Y-285.
N156 X-142.5 Y-246.817
N157 X-246.817 Y-142.5
N158 MCALL
N159 G00 Z350.

; zahloubeni_M20_4x
N160 G00 Z200.
N161 X-201.525 Y201.525
N162 MCALL CYCLE81(100., 0.0, 5., ,2.)
N163 X-201.525 Y201.525
N164 X201.525 Y201.525
N165 X201.525 Y-201.525
N166 X-201.525 Y-201.525
N167 MCALL
N168 G00 Z350.

; zavitovani_M20_4x
; ZAVITNIK M20
; Prumer : 20.
; Radius : 0.0
N169 M05
N170 M00
N171 T357
N172 M06
N173 G00 G40 G17 G90 G54
N174 S80 M03 F 2.5
N175 G00 X-201.525 Y201.525

N176 MCALL CYCLE84(100., 0.0, 5., ,40., 0.0, 3, , 2.5, , 80, 80, 0, , 0)
N177 X-201.525 Y201.525
N178 X201.525 Y201.525
N179 X201.525 Y-201.525
N180 X-201.525 Y-201.525
N181 MCALL
N182 G00 Z200.
N184 M30