

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OBRÁBĚNÍ SOUČÁSTI STATOR ELEKTROMOTORU VE FIRMĚ PBS VELKÁ BÍTEŠ

SOLUTION TECHNOLOGY OF PRODUKTION STATOR ELEKTROMOTORU – PART IN
CONDITION FIRM PBS VELKÁ BÍTEŠ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ KOMÍNEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MILAN KALIVODA

BRNO 2008

NETISKNOUT!

Titulní list

NETISKNOUT!

Zadání

NETISKNOUT!

Licenční smlouva - oboustranně

ABSTRAKT

Ve své práci jsem představil nový způsob výroby součástí „stator elektromotoru“ ve firmě První brněnská strojírna Velká Bíteš a.s, kterým je možné nahradit stávající technologii. Při sestavování této práce jsem použil technologické zvyklosti využívané ve výše uvedené firmě.

Klíčová slova

Odlitek, šedá litina, polystyrénový model, porézní, obráběcí centrum, frézování, frézovací hlava, vrtání, vrták, vrtací tyč, strojní závitník, strojní čas,

ABSTRACT

I introduced, in my work, new way of parts processing of “stator elektromotoru“ in the První brněnská strojírna Velká Bíteš a. s. company, we can replace present technology with this new way of processing. I used, in my work, technological practises using in the abovementioned company.

Key words

cast, grey cast iron, polystyrene pattern porous, machining centre, milling, cutter head, boring, bore, boring rod, machine tap, machine time,

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOMÍNEK, Jiří. *Obrábění součástí Stator elektromotoru ve firmě PBS Velká Bíteš: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 29 s., příloh 3. Vedoucí práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Obrábění součástí Stator elektromotoru ve firmě PBS Velká Bíteš* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

14. 5. 2008

.....
Jiří Komínek

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu práce ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod	8
1 Polotovár a jeho výroba.....	9
1.1 Charakteristika.....	9
1.2 Metoda odlévání Lost Foam.....	9
1.3 Slévárenské vady materiálu	10
1.3.1 Opravitelné vady	10
1.3.2 Neopravitelné vady	11
1.3.3 Vady způsobené manipulací	11
2 Stávající technologie	12
2.1 Stroj MCFV 100.....	12
2.1.1 Technické údaje	12
2.1.2 Provozní údaje	12
2.2 Upnutí	13
2.2.1 První upnutí	13
2.2.2 Druhé upnutí	13
2.2.3 Třetí upnutí	14
2.3 Výrobní časy	14
2.4 Nevýhody stávající technologie	14
3 Navrhovaná technologie	15
3.1 Navrhovaný stroj	15
3.2 Technická data stroje	15
3.3 Upínání obrobku.....	16
3.3.1 První paleta	16
3.3.2 Druhá paleta.....	17
3.4 Použité nástroje a výpočty řezných parametrů	18
3.4.1 Nástroje na první paletě	19
3.4.2 Nástroje na druhé paletě.....	20
3.5 Strojní časy	21
3.5.1 První paleta	22
3.5.2 Druhá paleta.....	22
3.5.3 Celkový čas práce stroje	23
3.6 Měření	23
3.6.1 Rozsah měření pro obsluhu stroje	23
3.6.2 Opatření při výskytu vad a neshod.....	23
3.7 Balení	23
4 Zhodnocení.....	25
Závěr	26
Seznam použitých zdrojů	27
Seznam příloh.....	29

ÚVOD

V PBS Velká Bíteš a.s. se dlouhodobě obrábí odlitky statoru elektromotoru. Pomocí stávajících strojů se dařilo plně uspokojit požadavky zákazníka (3500 ks ročně). Po čase ovšem zákazník navýšil požadované množství statorů a to o značné množství (13000ks ročně). Tento problém nemohl vyřešit ani přechod ze dvousměnného provozu na třisměnný.

Proto bylo nutné vytvořit novou technologii, která by vyřešila stále rostoucí poptávku zákazníka.

Návrh technologie na zvýšení firemní produkce, při snížení nákladů a zrychlení výroby je tématem této bakalářské práce.



Obr. 1 Obrobený a neobrobený stator

1 POLOTOVAR A JEHO VÝROBA

1.1 Charakteristika

Materiálem pro stator elektromotoru: ČSN 42 24 20.

ČSN 42 24 20: je to dobře obrobitelná šedá litina s lupínkovým grafitem. Odlitky o tloušťce stěn 8 až 40 mm. Vhodná pro strojní součásti, součásti motorů, turbín, pístových strojů, válce motorů a kompresorů.

$R_{p0,2} = 200 \text{ (MPa)}$

$R_m = 380 \text{ (MPa)}$

tvrdost HB = 220

1.2 Metoda odlévání Lost Foam

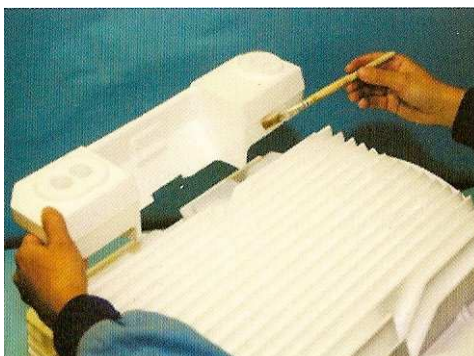
Technologie vypařitelného Polystyrénového modelu (Lost Foam) je ojedinělou technologií využívanou pro velkosériovou výrobu odlitku ze šedé a tvárné litiny. (4)



Obr. 1.1 Polotovar pro vytvoření modelu a polystyrénový model (3)

Princip metody:

- výroba polystyrénového modelu budoucího odlitku,
- kompletace částí modelů slepováním,
- máčení modelu do žáruvzdorného nátěru,
- formování do bezpojivového křemičitého písku,
- odlévání. (3)



Obr. 1.2 Kompletace modelu lepením (3)

Výhody:

- možnost nahrazení obvyklé mechanické montáže komplexním odlitkem,
- vysoká rozměrová přesnost,
- redukce opracování,
- redukce hmotnosti až o 15%,
- vysoká kvalita povrchu. (3)



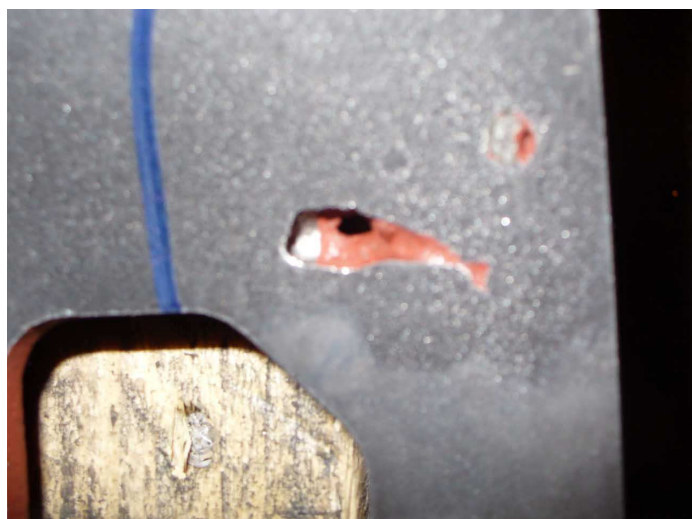
Obr. 1.3 Máčení modelu do žáruvzdorného nátěru a odlévání (3)

1.3 Slévárenské vady materiálu

Při obrábění, kdy odstraníme potřebnou vrstvu materiálu, může dojít k odhalení skrytých vad materiálu, které nebyly na surovém odlitku viditelné. Tyto vady dělíme na opravitelné a neopravitelné.

1.3.1 Opravitelné vady

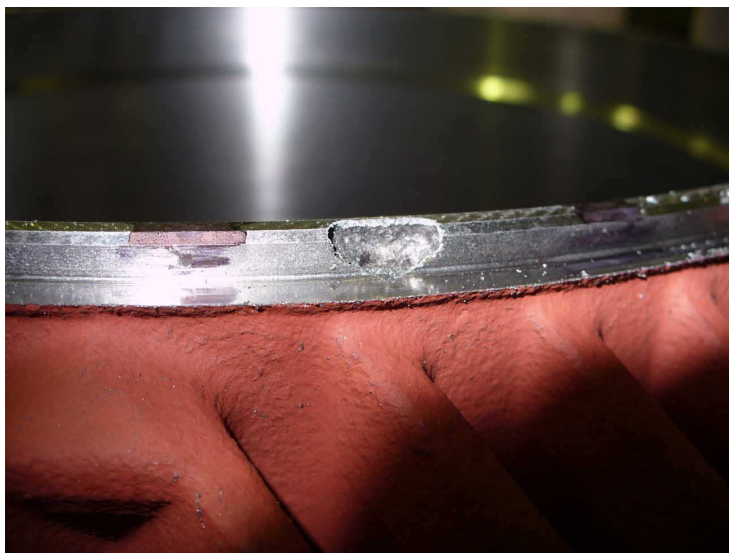
Jsou to vady, které nezasahují do funkčních ploch a nemají vliv na použití výrobku. Jsou to například pórovité dutiny vzniklé při odlévání (dále porézy) na vnitřním odlehčení Ø 260 nebo na vnitřním průměru Ø 256, kdy tyto vady je možné zalepit pro tento účel určenými přípravky, např. DIAMANT Ferro # 0223.



Obr. 1.4 Vnitřní porez na odlehčení

1.3.2 Neopravitelné vady

Tyto vady zasahují do funkčních ploch nebo mají vliv na funkci výrobku. Patří sem například poréz na vnějším osazení Ø 260 js7, porézy v závitech nebo vnitřní poréz procházející celou stěnou odlitku.



Obr. 1.5 Vnější poréz na osazení

1.3.3 Vady způsobené manipulací

Mohou se nám vyskytnout ještě další vady materiálu, způsobené například manipulací s materiálem. Patří sem polámaná žebra odlitku nebo praskliny celého odlitku.



Obr. 1.6 Prasklý odlitek

2 STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE

Při obrábění statorů stávající technologií využíváme strojů MCFV 100, kde se obrobek musí upínat třikrát.

2.1 Stroj MCFV 100

Stroj je určen pro komplexní obrábění plochých i skříňových součástí z oceli, litiny a slitin lehkých kovů upnutých na pracovním stole. Stroj pracuje ve třech na sebe kolmých souřadných osách x, y, z. Základní pohyby vykonávají stůl v podélném a příčném směru a vřeteník.



Obr. 2.1 MCVF 100

2.1.1 Technické údaje

Tab. 2.1 Technické údaje

Půdorys stroje	Mm	2700 x 2270
Hmotnost stroje	kg	6200
Jmenovité napětí	V.Hz ⁻¹	3 x (380/50)
Provozní příkon	kV.kVA ⁻¹	20

2.1.2 Provozní údaje

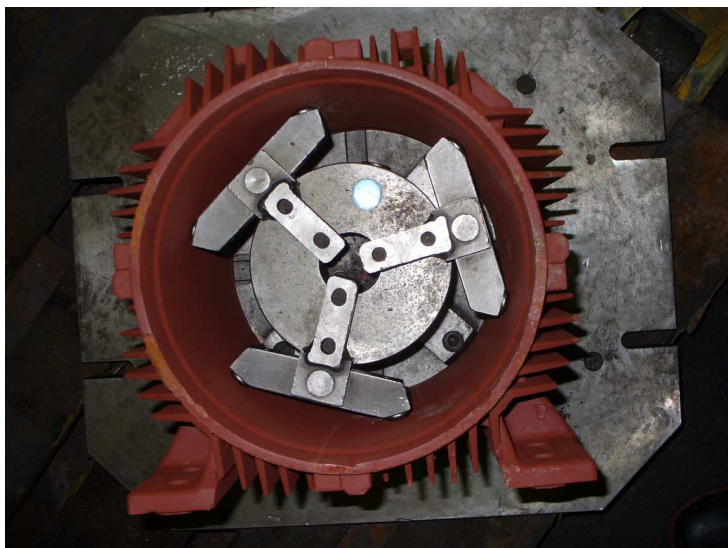
Tab. 2.2 Provozní údaje

Rozměr pracovní plochy stolu	mm	1270 x 600
Upevňovací T drážky	ks.mm ⁻¹	5 x 18
Rozteč drážek	mm	125
Maximální zatížení stolu	kg	600
Rozjezd v ose x	mm	1020
Rozjezd v ose y	mm	600
Rozjezd v ose z	mm	635
Rychlost posuvu x, y, z	mm.min ⁻¹	1 - 20000
Přesnost polohování souřadnic	mm	0,03
Otáčky vřetená	ot.min ⁻¹	30 - 6000

2.2 Upnutí

2.2.1 První upnutí

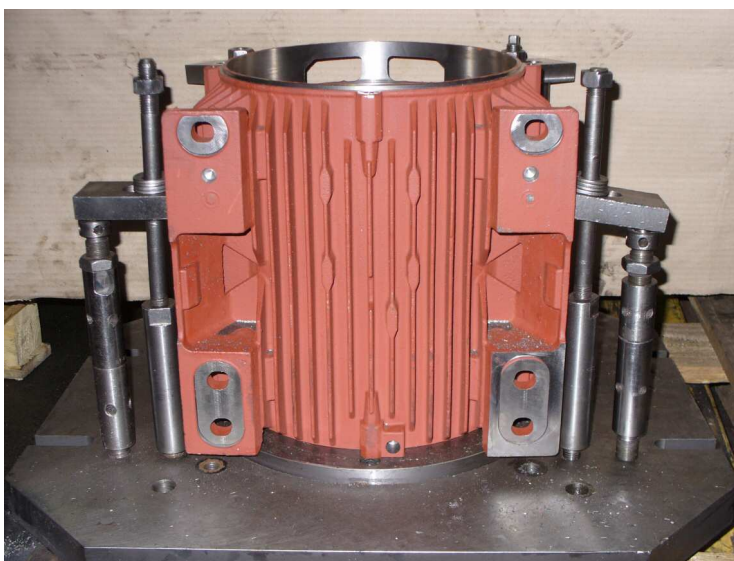
Kus je upevněn vystředěním. Pomocí dvou sloupem spojených sklíčidel (viz. obr. 2.2) a je obroben: 1 x čelo odlitku; 1 x osazení $\varnothing 267$ js7; 1 x odlehčení $\varnothing 260$; 4 x závit M8; dle výkresu v příloze č. 3.



Obr. 2.2 První upnutí

2.2.2 Druhé upnutí

Do připraveného kruhového zhloubení je vsazen odlitek obrobeným osazením, čímž je vystředěn a zpevněn upínkami (viz. obr. 2.3) a obráběn: 1 x čelo odlitku; 1x osazení $\varnothing 267$ js7; 1 x odlehčení $\varnothing 260$; 4 x závit M8; vnitřní průměr 256_{-0,15}_{-0,22} dle výkresu v příloze č. 3.

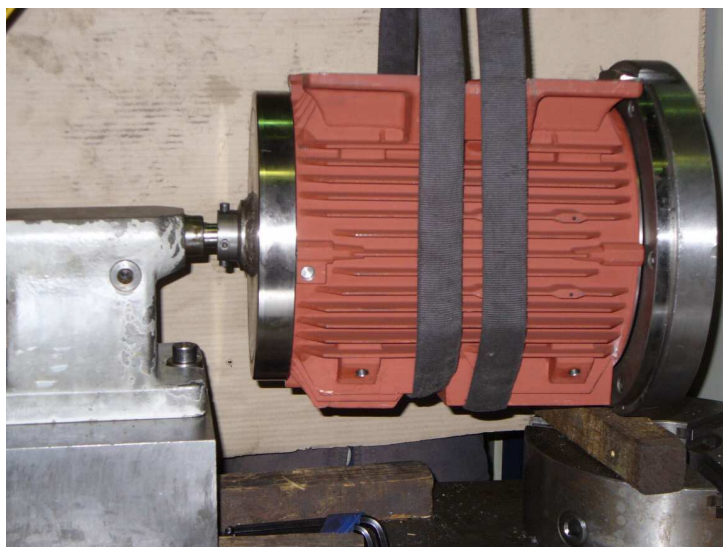


Obr. 2.3 Druhé upnutí

2.2.3 Třetí upnutí

Na kolmém otočném stole a koníku jsou připevněny kruhové desky s přesným vnitřním osazením, do kterého je vloženo osazení statoru a je nutno stáhnout proti sobě koníkem (viz. obr. 2.4).

Obrábění: frézování patek; vrtání 4 x závit M12; závit M6 7x; díry Ø 12,8 4x; díry 3,3 4x a to vše dle výkresu v příloze č. 3.



Obr. 2.4 Třetí upnutí

2.3 Výrobní časy

První upnutí: $t_1 = 22,5$ min

Druhé upnutí: $t_2 = 34$ min

Třetí upnutí: $t_3 = 37$ min

Celkový čas: $t_{\text{celk}} = 93,5$ min

Tyto údaje jsou převzaty z technologického postupu pro danou součást používaného v současné době v PBS Velká Bíteš, a. s.

2.4 Nevýhody stávající technologie

- přílišný počet upnutí
- doba upínání
- stroj nemůže pracovat během upínání
- závislost práce na příliš mnoha operacích, možno dělat pouze menší série

3 NAVRHOVANÁ TECHNOLOGIE

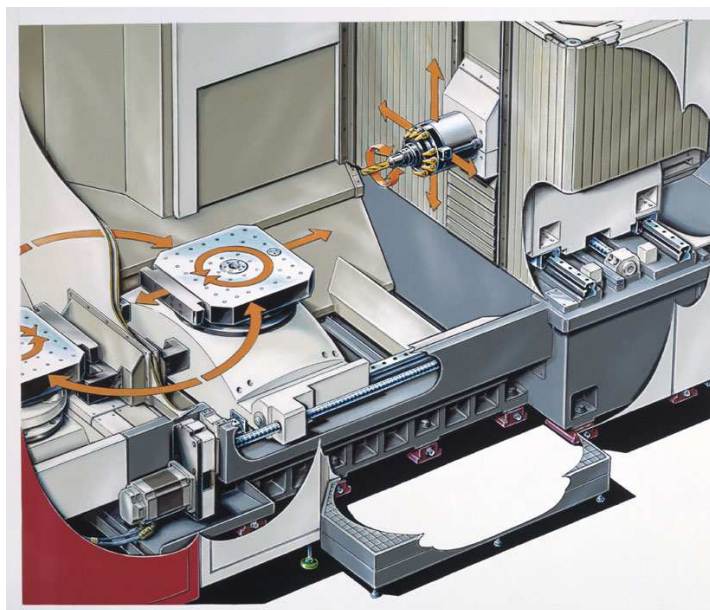
3.1 Navrhovaný stroj

Pro navrhovanou technologii bylo vybráno obráběcí centrum HEC 500 Athletic od firmy StarragHeckert (viz. obr. 2.4)-je koncipováno jako horizontální obráběcí centrum pro komplexní obrábění obrobků skříňových tvarů vrtáním a frézováním a to pro čtyřstranné obrábění při jednom upnutí.



Obr. 3.1 HEC 500 Athletic

3.2 Technická data stroje



Obr. 3.2 Osy stroje(9)

Tab. 3.1 Technická data stroje(9)

Rozměry palety	mm	500 x 500
Posuv osy x	mm	1000
Posuv osy y	mm	800
Posuv osy z	mm	1000
Rychloposuv	m.min ⁻¹	60
Příkon pracovního vřetene	kW	28
Krouticí moment	Nm	680
Počet míst v zásobníku	ks	80
Maximální délka nástroje	mm	450
Maximální hmotnost nástroje	kg	35
Přesnost polohy v osách x, y, z	mm	0,007
Přesnost polohy NC – otočného stolu	''	9
CNC – Systém		Sinumerik
Délka stroje	m	7,30
Šířka stroje	m	5,20
Výška stroje	m	4,15
Hmotnost stroje	kg	22
Výměna nástrojů do 12 kg	s	4,7
Výměna nástrojů od 12 kg	s	6,9
Maximální doba výměny palet	s	14

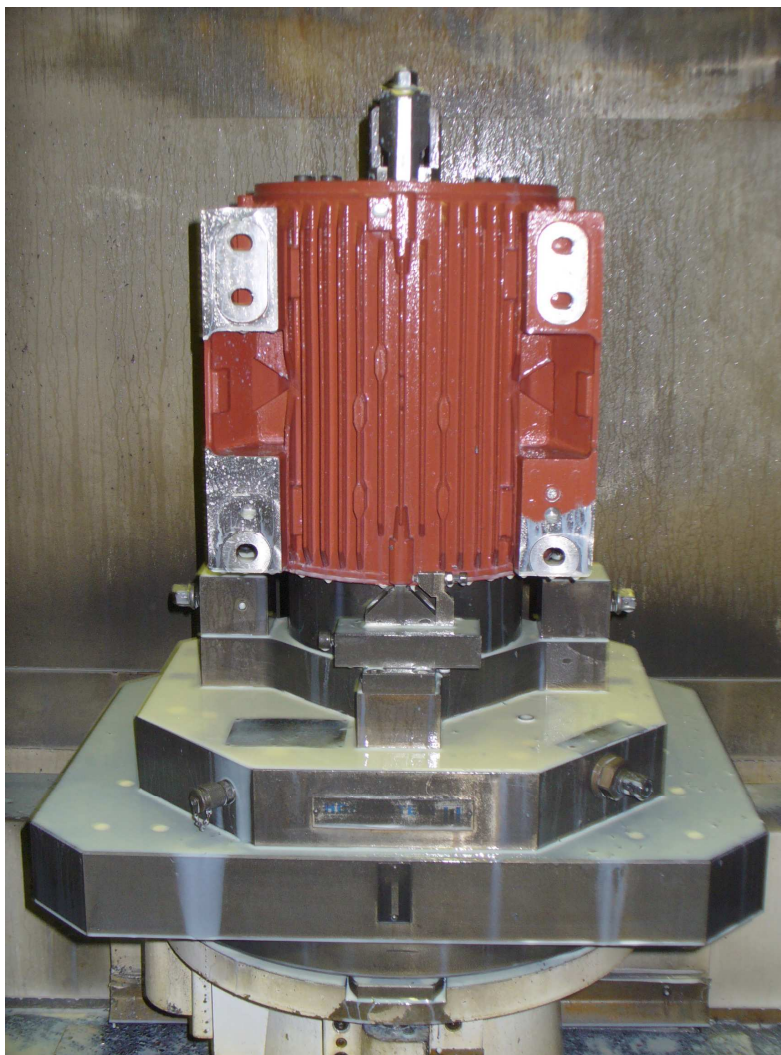
3.3 Upínání obrobku

3.3.1 První paleta

Na první paletě je obrobek se ukládá tak, že středová osa obrobku je kolmá na pracovní stůl, přičemž okno svorkovnice je dole, patky odlitku směřují směrem od stroje. Kostka mezi patkami dosedá na hlavní dosedací plochu. Nutná je vizuální kontrola nečistot na dosedacích plochách odlitku. Případné zbytky po odlévání je nutné odstranit. V této poloze je odlitek pomocí speciálních kleští nasunut na středící sloup, poté vystředěn šesti středícími písty.

Středící síla je dodávána bočním tlakovým šroubem $F_{stř.} = 50 \text{ Nm}$.

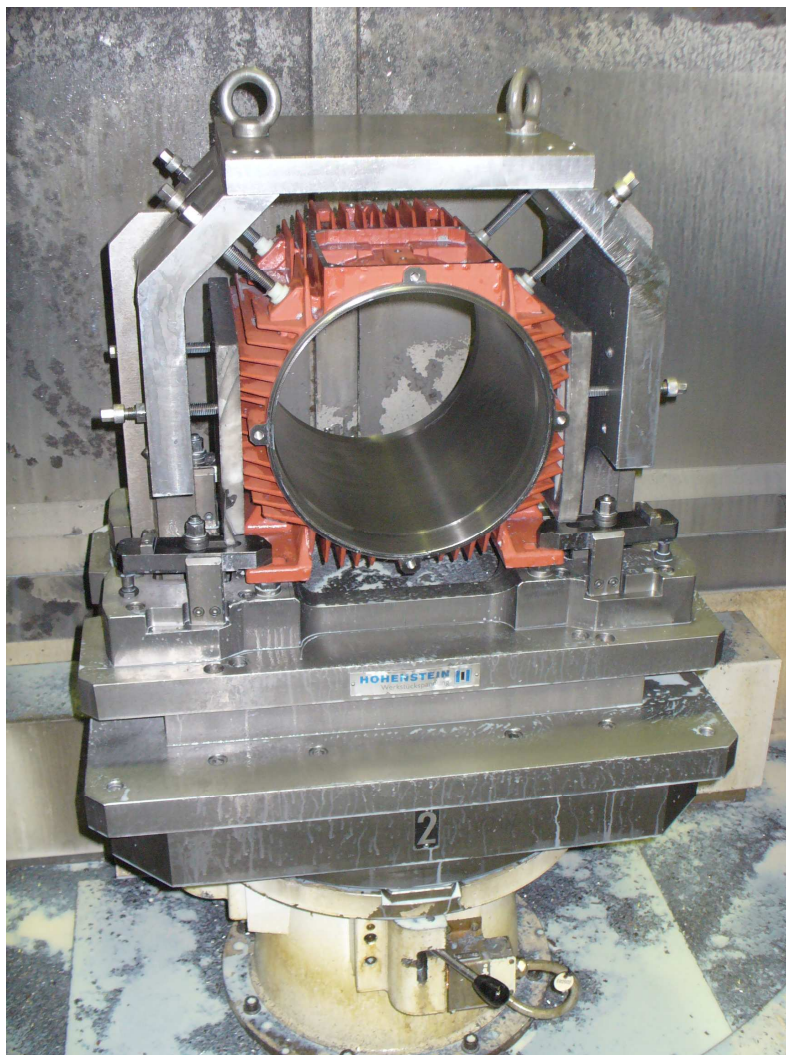
Po vystředění se přitáhnou spodní upínací plochy a odlitek je zpevněn upínkami.



Obr. 3.3 Upnutí na první paletě

3.3.2 Druhá paleta

Na druhou paletu se vkládá odlitek tak, že osa odlitku je rovnoběžná s paletou. Pomocí závěsného zařízení se vloží odlitek do vnitřního prostoru přípravku. Vyvrtané otvory $\varnothing 12$ mm, na patkách se usadí na středící kolíky a upínkami se přitáhnou ofrézované plochy patek na dosedací plochy přípravku. Pro omezení chvění se odlitek zpevní čtyřmi bočními šrouby (mezi šrouby a žebra odlitku se vloží plastové desky) a čtyřmi horními šrouby, které dosedají pod úhlem 45° na zkosené kostky odlitku. Všech 8 šroubů se zajistí proti uvolnění maticí.



Obr. 3.4 Upnutí na druhé paletě

3.4 Použité nástroje a výpočty řezných parametrů

Použité nástroje jsou vybrány ze zkušeností s firmou KENNAMETAL. Jejich označení – číslování je vybráno dle místních zvyklostí firmy. Pro stanovení otáček n a posuvové rychlosti v_f jsou použity následující vzorce. Vzorec pro stanovení n je odvozen, ze vzorce pro stanovení Řezné rychlosti v_c . Podrobný popis, složení, a použité materiály nástrojů je v příloze č. 1. (Nástrojový list).

Řezná rychlost

$$v_c = \frac{\pi \cdot n \cdot d}{10^3} \quad (3.1)$$

Otáčky nástroje

$$n = \frac{v_c \cdot 10^3}{\pi \cdot d} \quad (3.2)$$

Posuvová rychlost

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n \quad (3.3)$$

3.4.1 Nástroje na první paletě

T01 Frézovací hlava Ø 125 x 70°

Frézování patek obrobku.

$$v_c = 400 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 0,13 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 10$$

T37 Stupňovitý vrták ø12H8 / Sražení 1x45°

Vrtání 2 x Ø 12 na patkách odlitku jako fixační otvory.

$$v_c = 100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 0,320 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 1$$

T03 ROHOVÁ FRÉZA Ø 50x90°

Frézování okna svorkovnice a 4x kostka 45°

$$v_c = 400 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 0,200 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 5$$

T38 Stupňovitý vrták ø10,2/14x90°

Vrtání 4x Ø 10,2

$$v_c = 100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 0,300 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 1$$

T18 Závitník M12

4x závit M12

$$v_c = 25 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 1,750 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 1$$

T40 Vrták Ø5

Vrtání 9x Ø5 pro závit M6

$$v_c = 90 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 0,200 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 1$$

T41 NC-Navrtávák Ø10

Zahloubení otvoru 9x Ø5 pro závit M6 a 4x předvrtání Ø 2,5

$$v_c = 100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 0,300 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 1$$

T08 Závitník M6

Závit 9x M6

$$v_c = 20 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 1,000 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 1$$

T09 Vrták 2,5

Vrtání 4x Ø 2,5

$$v_c = 46 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 0,050 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 1$$

T42 Stupňovitý vrták ø12,8/14x90°

Vrtání 4x Ø 12,8

$$v_c = 100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}, f_z = 0,320 \text{ mm} \cdot \text{z}^{-1}, z = 1$$

Tab. 3.2 Řezné podmínky první paleta

Ozn. nástroje	v_c (mm.min ⁻¹)	f_z (mm.z ⁻¹)	z	n (1.min ⁻¹)	v_f (mm.min ⁻¹)
T01	400	0,13	10	1020	1326
T37	100	0,32	1	2650	848
T3	400	0,2	5	2550	2550
T38	400	0,3	1	3120	936
T18	25	1,75	1	660	1155
T40	90	0,2	1	5730	1146
T41	100	0,3	1	3180	954
T8	20	1	1	1060	1060
T9	46	0,05	1	5860	293
T42	100	0,32	1	2490	797

3.4.2 Nástroje na druhé paletě

T10 Frézovací hlava $\varnothing 63 \times 70^\circ$

Frézování obou čel obrobku.

$$v_c = 800 \text{ mm.min}^{-1}, f_z = 0,120 \text{ mm.z}^{-1}, z = 7$$

T3 Frézovací hlava $\varnothing 50 \times 90^\circ$

Kruhové frézování osazení na rozměr $\varnothing 267,5$

$$v_c = 400 \text{ mm.min}^{-1}, f_z = 0,200 \text{ mm.z}^{-1}, z = 5$$

T53 Vytvářecí tyč hrubovací $\varnothing 259,5$ pro obě strany

Hrubování vnitřního odlehčení na rozměr $\varnothing 259,5$ na obou stranách obrobku.

$$v_c = 350 \text{ mm.min}^{-1}, f_z = 0,200 \text{ mm.z}^{-1}, z = 2$$

T44 Vytvářecí tyč hrubovací $\varnothing 255$ pro obě strany

Hrubování hlavního vnitřního průměru na rozměr $\varnothing 255$ do poloviny obrobku.

Po následném otočení o 180° se dokončí druhá polovina. Obě dráhy nástroje se musí mírně překrývat, aby uprostřed nezůstal schodek.

$$v_c = 350 \text{ mm.min}^{-1}, f_z = 0,200 \text{ mm.z}^{-1}, z = 2$$

T35 Frézovací hlava $\varnothing 50 \times 90^\circ$

Kruhové frézování osazení na rozměr $\varnothing 267,1$

$$v_c = 400 \text{ mm.min}^{-1}, f_z = 0,200 \text{ mm.z}^{-1}, z = 5$$

T55 Vytvářecí tyč dokončovací $\varnothing 260$ hrana 30°

Dokončení vnitřního odlehčení na rozměr $\varnothing 260$ s hranou 30° na obou stranách obrobku.

$$v_c = 400 \text{ mm.min}^{-1}, f_z = 0,120 \text{ mm.z}^{-1}, z = 2$$

T51 Vnější dokončovací tyč $\varnothing 267 \times 7$ se sražením hran

Dokončení osazení $\varnothing 267 \times 7$ na obou stranách a současné sražení hran.

$v_c = 350 \text{ mm.min}^{-1}$, $f_z = 0,100 \text{ mm.z}^{-1}$, $z = 1$

T52 Vyvrtačací tyč dokončovací $\varnothing 256 \begin{smallmatrix} -0,15 \\ -0,22 \end{smallmatrix}$ (délka 375mm)

Dokončení vnitřního průměru $\varnothing 256 \begin{smallmatrix} -0,15 \\ -0,22 \end{smallmatrix}$ vzhledem k délce nástroje obrábíme po celé délce plochy bez přerušení řezu.

$v_c = 600 \text{ mm.min}^{-1}$, $f_z = 0,100 \text{ mm.z}^{-1}$, $z = 1$

T47 Stupňovitý vrták $\varnothing 6,8 \times 90^\circ$ pro M8

Vrtání $8 \times \varnothing 6,8$ pro závit M8

$v_c = 100 \text{ mm.min}^{-1}$, $f_z = 0,300 \text{ mm.z}^{-1}$, $z = 1$

T08 Závitník M8

Závit $8 \times \text{M8}$

$v_c = 25 \text{ mm.min}^{-1}$, $f_z = 1,500 \text{ mm.z}^{-1}$, $z = 1$

Tab. 3.3 Řezné podmínky pro druhou paletu

Ozn. nástroje	v_c (mm.min ⁻¹)	f_z (mm.z ⁻¹)	z	n (1.min ⁻¹)	v_f (mm.min ⁻¹)
T10	800	0,12	7	4040	3394
T3	400	0,2	5	1550	2550
T44	350	0,2	2	440	176
T53	350	0,2	2	430	172
T35	400	0,2	5	2550	2550
T55	400	0,12	1	490	118
T51	350	0,1	1	420	42
T52	600	0,1	1	750	75
T47	100	0,3	1	4680	1404
T48	25	1,5	1	990	1485

3.5 Strojní časy

Pro stanovení strojních časů jsou určeny následující vzorce.

Strojní čas

$$t_{AS} = \frac{L}{V_f} \quad (3.4)$$

Celkový čas pro jednotlivé palety

$$t_p = t_{A1} + t_{A2} + t_{AS} \quad (3.5)$$

t_{A1} ...čas výměny nástroje a jeho najetí do počáteční polohy

t_{A2} ...čas natočení palety do správné polohy

Čas pro upnutí obrobku na paletu se do celkového času nezahrnuje.
Obrobek se upíná na první paletu během obrábění na paletě druhé, a naopak.
Časový rozdíl mezi první a druhou paletou poskytuje dostatek času
na očištění obrobku tlakovým vzduchem, kontrolní měření (kapitola 3.6),
a uložení na paletu dle daného předpisu (kapitola 3.7).

3.5.1 První paleta

Tab. 3.4 Celkový čas první paleta

Označení nástroje	L (mm)	t_{A1} (min)	t_{A2} (min)	t_A (min)	t_{p1} (min)
T1	960	0,133	0,131	0,724	0,988
T37	80	0,133	0,09	0,094	0,317
T3	960	0,133	0,485	0,377	0,995
T38	140	0,133	0,453	0,15	0,736
T18	280	0,133	0,3	0,242	0,675
T40	207	0,133	0,432	0,181	0,746
T41	78	0,133	0,429	0,082	0,644
T8	36	0,133	0,308	0,306	0,747
T9	15	0,133	0,178	0,205	0,516
T42	100	0,133	0,552	0,124	0,809
Čas výměny palet					0,2
Celkový čas na první paletu					7,373

3.5.2 Druhá paleta

Tab. 3.5 Celkový čas pro druhou paletu

Označení nástroje	L (mm)	t_{A1} (min)	t_{A2} (min)	t_A (min)	t_{p2} (min)
T10	4920	0,133	0,413	1,45	1,996
T3	2100	0,133	0,276	0,824	1,233
T44	324	0,133	0,268	1,84	2,241
T53	95	0,133	0,268	0,553	0,954
T35	2100	0,133	0,276	0,824	1,233
T55	95	0,133	0,268	0,805	1,206
T51	12	0,133	0,268	0,286	0,687
T52	250	0,133	0,08	3,333	3,546
T47	140	0,133	0,48	0,2	0,813
T48	140	0,133	0,456	0,29	0,879
Čas výměny palet (min)					0,2
Celkový čas na první paletu (min)					14,988

3.5.3 Celkový čas práce stroje

Celkový čas práce stroje t_{ps} je dán součtem celkových časů první a druhé palety. K výslednému součtu se dle technologických zvyklostí firmy přičte 10% a tím jsou vyjádřeny vedlejší časy nutné k činnosti stroje (Např. výměna řezných destiček, seřízení stroje atd.).

$$t_{ps} = (7,373 + 14,988) \cdot 1,1 = 24,6 \text{ min}$$

3.6 Měření

Kontrolní měření provádí obsluha stroje. Během času chodu stroje.

3.6.1 Rozsah měření pro obsluhu stroje

Tab. 3.5 Rozsah měření

Měřený rozměr	Rozsah měření	Měřidlo
Hlavní vnitřní průměr $\varnothing 256 \begin{smallmatrix} -0,15 \\ -0,22 \end{smallmatrix}$	100%	SUBITO
Vnější osazení $\varnothing 267 \pm 0,07$	100%	UNIMETR-BOVERS
Celková délka $315 \pm 0,5$	20%	Posuvné měřítko 0-500
Závity M12 M8	20%	Závitové kalibry M12 a M8
Vzdálenost patek od středu kusu 160 $\begin{smallmatrix} -0,25 \\ -0,45 \end{smallmatrix}$	20%	Výškoměr
Povrch (všechny obrobené plochy)	100%	Vizuálně
Porózita	100%	Vizuálně
Odjehlení	100%	Vizuálně
Kontrola celistvosti	100%	Vizuálně

3.6.2 Opatření při výskytu vad a neshod

- 1) Vyřadit – nedolité, ulomené a jinak poškozené odlitky
- 2) Opracované dílce s výskytem trhlin a porézů oddělit
- 3) Dílce rozměrově neshodné oddělit- o možné opravě rozhodne technologie
- 4) Neshodu u dílce označit lihovým fixem a uložit do vyhrazené prostory

3.7 Balení

Balení je nutno provádět dle požadavků zákazníka a provádí ho obsluha stroje. Nejdříve je nutné obrobek důkladně očistit od třísek a chladicí kapaliny stlačeným vzduchem.

Balení dělíme dle období, ve kterém je daný obrobek vyroben:

a) období od 1. dubna do 30. září

- počet dílů v balení 6 ks
- na EURO paletu položit karton z třívrstvé lepenky (1200 x 800)
- kusy ukládat nastojato, oddělit třívrstvým kartonem
- překryt kartonem z třívrstvé lepenky (1200 x 800)
- na paletu položit dvě ohrádky a uzavřít dřevěným víkem
- zapáskovat 2x v příčném směru
- naplněnou paletu označit vyplněným identifikačním štítkem výrobku

b) období od 1. října do 31. března

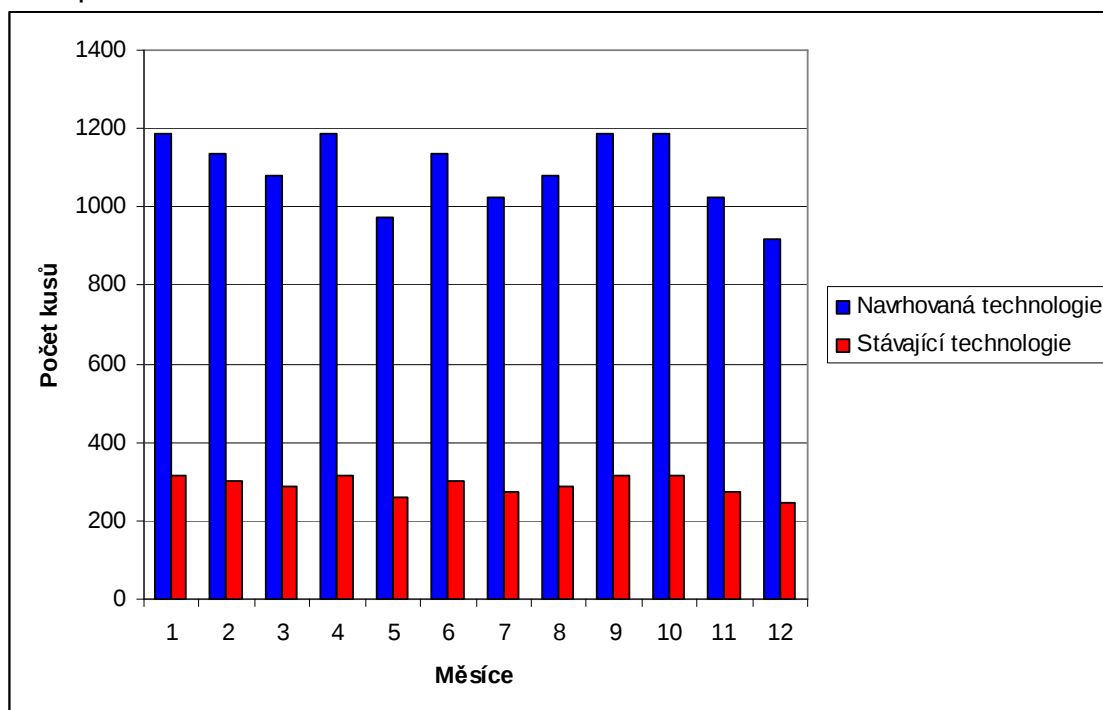
- na paletu položit karton z třívrstvé lepenky (1200 x 800), nasadit ohrádku, vložit polyetylenový pytel s inhibitory CORTEC VpCI 126, na dno pytle dát antikorozi papír CORTEC VpCI 146 (1200 x 800) (viz. obr. 3.5)
- dovnitř pytle uložit dílce oddělené třívrstvým kartonem
- pytel uzavřít vícenásobným přeložením jeho okraje a přelepením proti rozbalením
- doplníme ohrádku a uzavřeme dřevěným víkem
- zapáskujeme 2x v příčném směru
- zaplněnou paletu označit vyplněným identifikačním štítkem výrobku.



Obr. 3.5 Balení v období od 1. října do 31. března

4 ZHODNOCENÍ

Pro zhodnocení je použito časové období jednoho roku. Pro názornost je použit rok 2008. Muselo být také přihlédnuto ke zvyklostem firmy. Kdy ve dnech 2.5,9.5 a v období od 28.7 do 1.8, od 29.12 do 31.12 probíhá celopodniková dovolená.



Graf. 4.1 Porovnání technologií pro rok 2008

Tab. 4.1 Porovnání produktivity technologií pro rok 2008

	Pracovních dní v měsíci	Hodiny v normální pracovní době	Hodiny v třísměnném provozu	Stávající technologie ks	Navrhovaná technologie ks
leden	22	165	495	316	
únor	21	157,5	472,5	303	1134
březen	20	150	450	289	1080
duben	22	165	495	318	1188
květen	18	135	405	260	972
červen	21	157,5	472,5	303	1134
červenec	19	142,5	427,5	274	1026
srpen	20	157,5	472,5	303	1134
září	22	165	495	318	1188
říjen	22	165	495	318	1188
listopad	19	142,5	427,5	274	1026
prosinec	17	127,5	382,5	245	918
Kusu celkem				3521	13176

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce dokazuje, že zvýšení výroby lze dosáhnout použitím navrhované technologie oproti technologii stávající. Toho se podařilo dosáhnout pomocí úspor na upínacích časech, zjednodušení upínání, a vlastnostech navrhovaného stroje.

Současně se zvyšuje produktivita práce na jednoho pracovníka více než třikrát. Dojde také k úspoře energií o více než 50 %, úspora výrobních ploch, úspora provozních kapalin a nákladů na pracovníky.

Ani ekologické hledisko není zanedbatelné - nedochází k únikům řezných kapalin vzhledem ke konstrukci centra.

Při vypracování této práce jsem využíval vědomostí získaných studiem. Myslím si, že tyto vědomosti mi byli prospěšné, a plně je využiji v praxi.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. M. Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s.r.o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
2. KOČMAN, Karel, PROKOP, Jaroslav. Technologie obrábění. Brno : Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. Variable technology for individual solution PROMET FOUNDRY member of the PROMRT GROUP a.s. 2005 © agentura orange visiontech
4. LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel, Strojnické tabulky. 2. vyd. Praha: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2005. 910 s. ISBN 80-7361-011-6
5. Příručka pro obsluhu stroje MCVF 100
6. Příručka pro obsluhu a údržbu stroje HEC 500 Athletic StarragHeckert
7. KENNAMETAL Rotierende Werkzeuge HauptKatalog 2003 Reg. Nr. 111-02/753
8. <www.prometfoundry.cz>
9. <www.starragheckert.com>

Seznam použitých zkratk a symbolů

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
$R_{p0.2}$	Mpa	Mez kluzu
R_m	Mpa	Mez pevnosti v tahu
t_1	min	Čas prvního upnutí
t_2	min	Čas druhého upnutí
t_3	min	Čas třetího upnutí
$t_{celk.}$	min	Čas celkový
$F_{stř}$	N.m	Středící síla
v_c	mm.min ⁻¹	Řezná rychlost
n	1. min ⁻¹	Otáčky
v_f	mm.min ⁻¹	Posuvová rychlost
d	mm	Průměr
f_z	mm.z ⁻¹	Posuv na zub
z	-	Počet zubů (břitů) nástroje
t_{AS}	min	Čas práce stroje
t_{A1}	min	Čas výměny nástroje
t_{A2}	min	Čas natočení palety
L	mm	Dráha nástroje ve směru v_f
t_{ps}	min	Čas celkové práce stroje
t_{p1}	min	Čas práce na první paletě
t_{p2}	min	Čas práce na druhé paletě

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Nástrojový list
Příloha 2	Průvodní list
Příloha 3	Výkres součásti

Příloha 1