

Vysoká škola: strojní a textilní

Fakulta: strojní

Katedra: obráběcích strojů a díl. měření

Školní rok: 1966/67

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro Karla Horáka
odbor strojírenská technologie

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomní úkol:

Název tématu: Návrh technologie a zařízení na opracování čel zvedátek
(300000 ks/rok)

Pokyny pro vypracování:

- 1) Studium, staré technologie
- 2) Návrh nové technologie s ohledem na požadovanou drsnost povrchu
- 3) Koncepce jednoučel. zařízení s přihlédnutím možnosti plné automatizace
- 4) Ekonomické hodnocení

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1962 - Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8

V 127 / 1966

Rozsah grafických laboratorních prací:

6 - 8 výkresů

Rozsah průvodní zprávy:

40 stran

Seznam odborné literatury:

Přič: Obrábění III.

Stroj. výroba č. 5/1957: Lapování v praxi

Dráb: Automatizace

H.H.Finkelburg: Läppen, Werkstatt u. Betrieb 1/1950

105/1951

119/1953

H. Lichtenberg: Das Verschleissverhalten und die Suenmengenleistung
gemuteter Läppscheiben, Werkstattstechnik u.
Maschinenbau 6/1955

Vedoucí diplomní práce:

Doc. Ing. Vojtěch Dráb

Konsultanti:

Ing. Oldřich Musil

Datum zahájení diplomní práce:

26. 9. 1966

Datum odevzdání diplomní práce:

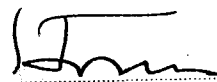
5. 11. 1966

L. S.



Vedoucí katedry

Doc. Ing. Vojtěch Dráb



Děkan

Prof. Ing. Cyril Höschl

v Liberci dne 26. září

196 6

VŠST
LIBEREC

DP ST 464 / 66

5. LISTOPADU 1966 1

Karel Horák

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh technologie a zařízení na opracování
čel zvedátek

Obsah

název:	list č.:
Seznam použité literatury	3
Úvod	4
Rozbor zadaného úkolu	5
Studium staré ^{technologie} literatury - 1	6
Kapacitní propočet pro dosavad. techn.	9
Výběr možností pro novou technologii	11
Návrh nové technologie - 2	19
Kapacitní propočet pro novou technol.	32
Návrh koncepce jednoúč. zařízení	34
Koncepce jednoúčel. zařízení - 3	40
Výpočty	45
Automatizace podávání a vyjímání	57
Ekonomické hodnocení - 4	64
Seznam výkresů	71

Seznam použité literatury:

- 1/ E. N. Masslow: Grundlagen der Theorie
des Metallschleifens
- 2/ Dr. Ing. Lichtenberger: Das Verschleissver-
halten und die Spanmengenleistung genuteter
Läppscheiben
- 3/ Prof. Ing. Píč: Obrábění III
- 4/ A. N. Malov: Avtomatičeskaja zagruzka
metallorežuščich stankov
- 5/ J. Outrata: příručka pro brusiče
- 6/ Technická dokumentace brusky BPV 300
- 7/ Píč - Chvála: Přípravky
- 8/ Strojírenská výroba 1957/7: O lapování
v praxi

Úvod

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní
závěrečné zkoušky č. j. 31 727, 62-II, 2 ze dne
13. července 1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne
31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

Národní podnik LIAZ Rýnovice byl po-
věřen výrobou nových motorů M 630 s roční
kapacitou výroby 40 000 kusů. Tato kapaci-
ta bude také předpokládat zavedení nového
stroje na opracování čel zvedátek s roční
kapacitou 300 000 kusů. Znamená to sníže-
ní času kusového z dosavadní 1,215 min.
za kus na maximální čas kusový 0,86 min.
za kus. Požadována je při tom drsnost po-
vrchu $R_a = 0,2 \mu\text{m}$.

Pro dosažení povrchu s drsností
 $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ přicházejí v úvahu dva způ-
soby opracování: broušení nebo lapování.
Tato diplomová práce se zabývá návrhem no-
vé technologie a zařízení na opracování
čel zvedátek.

Rozbor zadaného úkolu

Pro výrobu 40 000 kusů motoru M 630 ročně v n. p. LIAZ Rýnovice je také zapotřebí zajistit stroj na opracování dosedací plochy zvedátek. Nový stroj má mít kapacitu 300 000 kusů za rok s možností zvýšení kapacity na 500 000 kusů za rok. K tomu je třeba navrhnout novou technologii, kterou by bylo možno použít na novém zařízení. Zvedátka po opracování mají mít na dosedací ploše požadovanou drsnost $R_a = 0,2 \mu\text{m}$.

Zvedátka jsou odlévána v závodě LIAZ Ostašov. Materiál zvedátek je syntetická litina ČSN 422421. Lití se provádí do pískových forem s ocelovou deskou pro odvod tepla při chladnutí dosedací plochy zvedátka.

Tímto způsobem dostaneme na dosedací ploše zvedátka tvrzenou litinu, která zajistí dlouhou životnost součásti. Další podmínkou životnosti je opracování povrchu dosedací plochy. Je nutno odebrat určitou vrstvu lící kůry tak, aby byly odstraněny nerovnosti po odlití a byla získána drsnost $R_a = 0,2 \mu\text{m}$.

Studium staré technologie

Dosedací plocha talířku zvedátka se doposud brousí v závodě LIAZ Hanychov na brusce BPV 300. Zvedátka se upínají ručně do přípravku po 16 kusech, kde jedním šroubem a vahadlem se upevní dva kusy. Celý přípravek se upevní magneticky na stůl brusky BPV 300. Opracování plochy se provádí na dvě operace.

První operace je odbroušení 1 - 1,2 mm.

Tato vrstva se odebírá na 7 záběrů po 0,1 mm, u dalších 5 záběrů 0,06 mm. V brusné hlavě jsou upnuty brusné kameny 150x80x25 A99 36 J 8 V typ 5170 0830.

Posuv stolu je 16 m za minutu.

Při druhé operaci jsou upnuty v brusné hlavě brusky BPV 300 brusné kameny 150x80x25 A99 60 K 8 V typ 5170 0851. Brousí se na 5 záběrů po 0,03 mm, u dalších 5 záběrů 0,01 mm.

Toto je dosavadní technologie používaná v n. p. LIAZ Hanychov. Přibližně před sedmi lety se však v tomto podniku používalo jako poslední opracování dosedací

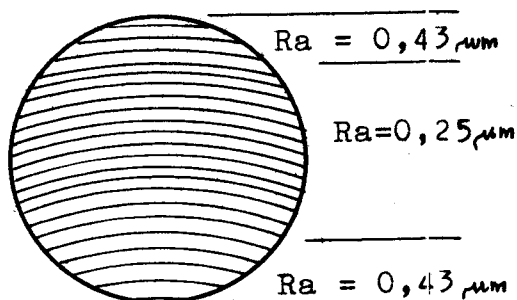
plochy zvedátek lapování.

Nynější technologie byla předmětem zlepšovacího návrhu a od lapování bylo upuštěno.

V laboratoři VŠST byla měřena drsnost povrchu dosedací plochy zvedátek opracovaných jak dřívější technologií, t.j. lapováním, tak nynější technologií - broušením.

Na dosedací ploše zvedátka lapovaného byla naměřena drsnost povrchu $R_a = 0,04 \mu\text{m}$. To znamená, že dosažená kvalita povrchu značně převyšuje požadovanou drsnost $R_a = 0,2 \mu\text{m}$.

Při měření zvedátek opracovávaných dosavadní technologií /broušením/ v n. p. LIAZ Hanychov byla zjištěna různá drsnost povrchu dosedací plochy.



V okrajových pásmech výbrusu byla drsnost $R_a = 0,43 \mu\text{m}$, což je horší než požadovaná drsnost $R_a = 0,2 \mu\text{m}$.

VŠST
LIBEREC

Návrh zařízení na opracování
čel zvedátek

DP ST 464 / 66

5. LISTOPADU 1966 8

Karel Horák

Ve střední části výbrusu byla naměřena
drsnost $R_a = 0,25 \mu\text{m}$, což se přibliž-
je požadované drsnosti.

Kapacitní propočet pro dosavadní technologii

Broušení dosedací plochy zvedátek se provádí dle dosavadní technologie na brusce BPV 300 ve dvou operacích.

Kusový čas pro 1. operaci 0,52 min.

Kusový čas pro 2. operaci 0,695 min.

Celkový kusový čas 1,215 min.

Kusový čas 1,215 min. a počet pracovních hodin za rok při dvousměnném provozu činí 4 000 hodin.

Počet strojů pro dosavadní technologii:

$$k = \frac{60}{t_k} = \frac{60}{1,215} = 49,5 \text{ ks/hod.}$$

$$n = \frac{Q}{E \cdot k} = \frac{300\,000}{4\,000 \cdot 49,5} = 1,51$$

k = počet kusů na stroj za hodinu

n = počet strojů

Q = nejvyšší roční výroba

E = pracovní fond stroje při 80 %

využití = 4 000 hodin

Pro požadovanou kapacitu by bylo nutno při použití dosavadní technologie zavést do výroby 2 stroje.

Pro novou technologii smí být kusový čas maximálně 0,86 min. pro dodržení plánované kapacity 300 000 ks za rok.

$$t_k = \frac{4000}{E \cdot 60} = 0,86 \text{ min.}$$

0,80

*veďte výpočet a pak to
jedin!*

Výběr možností pro novou technologii

V úvahu pro opracování čela zvedátka přicházejí dvě alternativy pro konečné opracování a to:

- a/ lapování
- b/ broušení

a/ Lapováním se ubírají s povrchu součásti povrchové mikroskopické nerovnosti vzniklé při předbroušení součásti hrubostí brusného kotouče. Nerovnosti povrchu přesahující 0,01 mm lze již ztěžít lapováním spolehlivě srovnat. Naopak abnormálně velké úběry zpravidla vedou ke vzniku dalších nerovností lapovaného povrchu při jinak dobrém srovnání mikroskopických nerovností.

Při lapování hladkou lapovací deskou je deska volně vedena po lapovaném předmětu. Deska je vyrobena obvykle z litiny. Předpokladem správného lapování je pravidelné orovnávaní lapovacích desek, jejichž rovinnost se brzy porušuje. Zřídka se dá jednou lapovací deskou lapovat déle než 40 až 50 hodin, někdy jen 8 hodin. Je třeba stále mít připravené náhradní desky a výměna desek ve stroji nemá trvat

déle než 15 minut.

Dalším důležitým činitelem při lapování je lapovací prostředek, t.j. prášek nebo pasta.

Pro dosažení nejlepších jakostí povrchů se používá lapovacích prášků jemnějších než zrnění 600. Pasty se pro lapování ředí. Ředidlo i poměr ředění se volí případ od případu a záleží na druhu lapovaného materiálu, způsobu, přivádění roztoku mezi desky, délce cyklu lapování a druhu pasty.

Zásadou správného lapování je neustálá změna polohy a směru pohybu lapovacích desek a lapovaných předmětů. Každá pravidelnost pohybů škodí přesnosti lapované plochy a zkracuje životnost lapovacích desek. Proto se dává lapovacím deskám planetární pohyb.

Doposud se pro lapování většinou používá hladkých lapovacích kotoučů. To ovšem přináší některé nevýhody, obzvláště při lapování ploch širších než 15 - 20 mm. Nedocílí se tak kvalitního povrchu. Lapovací zrna, která přijdou do záběru, se brzy otupují a musí být v záběru do doby, než přejdou celou lapovanou plochu. Umožníme-li lapovacím zrnům ihned po otupení odejít ze záběru a nahradíme-li je novými, dosud ostrými lapovacími zrny, zvětší se mnohem produktivita lapování.

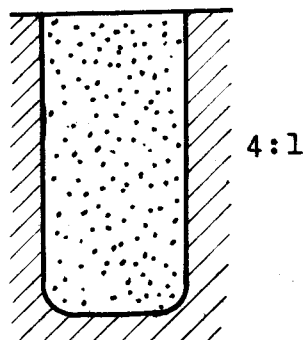
Proto se zavádějí rýhované lapovací kotouče, neboť uprostřed ploch, které nutno opracovat, přicházejí na hranách rýh nová ostrá lapovací zrna do záběru. Na kotoučích se dělají rýhy, které dělí kotouč na políčka široká 3 až 5 mm.

Hluboko zapuštěné rýhy působí jako kanály, ve kterých se sbírá lapovací materiál a vlivem odstředivé síly se stahuje k vnějšímu okraji lapovaného kotouče.

Jakmile jsou přerušeny široké lapovací plochy, mohou se lapovací zrna více otáčet a novými ostrými hranami opět řezati. Požadavkem je, aby rýhy na lapovacím kotouči byly vytvořeny pouze jednou na celou dobu životnosti kotouče a měly přitom stále měkký profil.

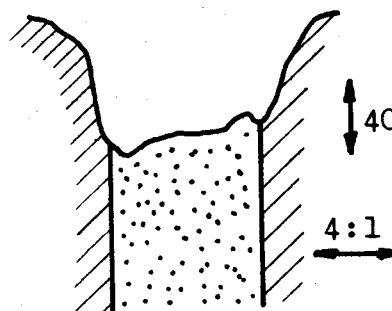
Dosáhne se toho tím, že se v kotouči vyrobí hluboké rýhy /cca 10 mm/, které se vyplní těstovitou, po několika hodinách tuhnoucí hmotou. Pevnost výplňové směsi musí být taková, aby se opotřebovávala rychleji než materiál lapovacího kotouče, čímž se samočinně vytvoří výmol. Hloubka výmolu se přizpůsobuje velikosti zrna lapovací směsi. Jako výplňové směsi rýh lapovacího kotouče je výhodné použít směsi lapovací pasty

a vodního skla. Tvarem drážek se dá ovlivnit doprava tekuté lapovací směsi. Přitom je zapotřebí dbát, aby drážky byly podrobeny stejnému opotřebování.



Řez rýhou vyplněnou tmelem

obr. 1



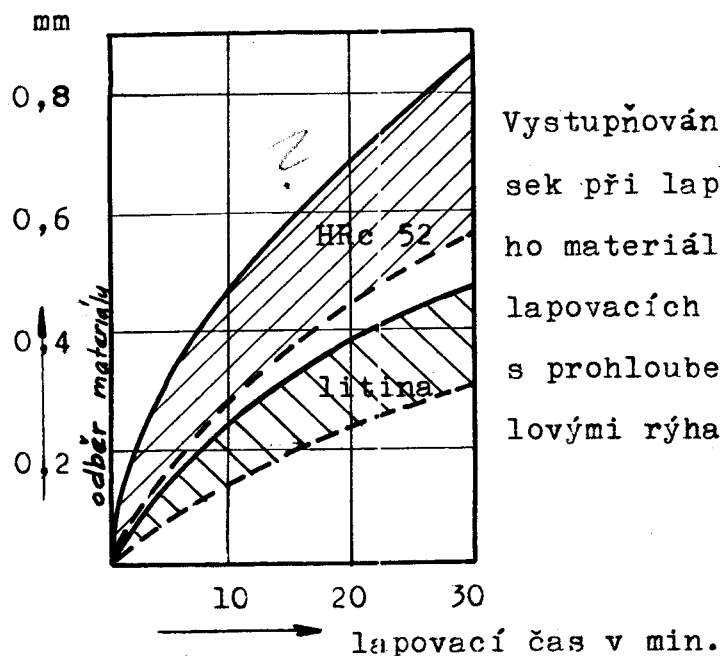
Řez profilem rýhy, vyhloubené karbidem křemíku SiC
zrnitost 180

obr. 2

Přítlačný tlak pro lapování je velmi důležitý a je naprosto nesprávné lapovat pod velkým tlakem. Důležitá je váha horní desky při lapování. Proto se těžší desky odlehčují pružinami. Tlak horní desky na předmět se řídí počtem součástí vložených mezi desky a jejich plošným rozměrem. Vhodný tlak na tenké předměty je 30 p/cm^2 , na předměty pevnější 80 až 100 p/cm^2 .

Doba lapovacího cyklu se dá regulovat přidáním oleje do ředidla, kdy olejem se zmenšuje velikost úběru. Doba lapování nemá být delší než 2 až 3 minuty.

Obvodová rychlost lapovacích kotoučů je pro
ruční lapování 30 m/min., pro strojní až
70 m/min.



Vystupňování zisku třísek při lapování tvrdého materiálu použitím lapovacích kotoučů s prohloubenými spirálovými rýhami.

obr. 3

Používané brusné materiály pro lapování:

Jako brusného materiálu se používá většinou zrn karborunda /SiC/, má však příliš velký úběr a nelze jej proto použít pro zvlášť jemné lapování. Méně se používá elektrokorundu Al_2O_3 .

Pro velmi jemné lapování se používá kysličník železitý Fe_2O_3 , hydroxyd železitý FeOH, kysličník chromu Cr_2O_3 a vídeňské vápno $CaMg/CO_3/2$.

Zrnitost pasty pro hrubé lapování je 48, pro střední 80 až 120, pro jemné 150

až 250, pro velmi jemné 320 až 500.

Pro lapování lze dobře použít i materiálů schopných samozjemňování. Dochází k drcení zrn na stále menší, která si zachovávají ostrost nových řezných hran. Tím se zvětší lapovací účinek. Mezi tyto materiály patří umělý safír a pyrop.

Jako velmi produktivní způsob lapování se udává chemicko mechanické lapování. Používá se lapovacích past, které kromě brusných zrn obsahují různé kyseliny.

b/ Hrany zrn brusného kotouče jsou v podstatě břity zubů rozložené nepravidelně s různým převýšením po jeho obvodu. Břit brusných zrn je vytvořen dvěma plochami zrna ve směru pohybu brusného kotouče. Tvar břitu a řezné úhly závisí na uložení zrna v brusném kotouči. Ve všech případech mají všechna brusná zrna úhel

$\alpha > 90^\circ$ a poměrně velký úhel α .

Pro broušení se používá zrn karbidu křemíku /SiC/ nebo kysličník hlinitý /Al₂O₃/. V úvahu pro broušení litiny přichází pouze kysličník hlinitý A 99.

Brusná zrna lze podle velikosti roztřídit
do skupin:

TAB. I

velikost zrn	
8 - 12	velmi hrubé / 3200 - 2000 $\mu\text{m}/$
14 - 24	hrubé / 1600 - 800 $\mu\text{m}/$
30 - 60	střední / 650 - 275 $\mu\text{m}/$
70 - 120	jemné / 230 - 115 $\mu\text{m}/$
150 - 240	velmi jemné / 95 - 58 $\mu\text{m}/$
280 - 600	plavené prášky / 46 - 12 $\mu\text{m}/$

Kvalita povrchu a tím i drsnost je ovlivněna několika činiteli. Jsou to především druh brusného nástroje, obvodová rychlost brusného kotouče, hloubka třísky a posuv stolu.

Výrobce brusiva n.p. Karborundum v Benátkách nad Jizerou doporučuje ve svém katalogu brusných nástrojů pro požadovanou drsnost povrchu použití zrnitosti brusného nástroje dle následující tabulky:

TAB. II

drsnost povrchu Ra		zrnitost
přes	do	
0,05	0,2	46 - 200
0,2	0,4	30 - 60
0,4	1,6	
1,6	-	10 - 36

Uvedená tabulka je hrubým vodítkem
pro volbu zrnitosti brusného materiálu.

Závěr:

Vzhledem k tomu, že pro opracování
plochy zvedátka je nutno použít pro vyrov-
nání nerovností v lici kůže broušení, byly
zaměřeny technologické zkoušky pro dokončo-
vací operaci na broušení, jako na způsob nej-
více produktivní. Jak bylo zjištěno měřením
drsnoti povrchu u součástí opracovávaných
technologií dříve používanou, t.j. lapová-
ním, byla drsnost $R_a = 0,04 \mu\text{m}$. U dosavad-
ní technologie byla naměřena drsnost ve střed-
ní části plochy $R_a = 0,25 \mu\text{m}$, v okrajových
částech $R_a = 0,43 \mu\text{m}$.

Z tohoto vyplývá, že dosažení povrchu
 $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ broušením je reálné.

Znamená to zajistit také řezné podmín-
ky /zejména posuv stolu/ aby byla zajištěna
kapacita 300 000 kusů za rok.

Návrh nové technologie - technologické zkoušky

Technologické zkoušky byly prováděny
na brusce BPV 300 a na brusce BPH 20.

Bylo třeba zjistit tloušťku vrstvy,
kterou je nutno odebrat, aby dosedací plo-
cha byla bez povrchových vad a zároveň by-
la zjišťována možnost broušení při odběru
různé hloubky záběru bez napálení povrchu.
Broušení bylo provedeno na brusce BPV 300.
Nástroj - brusné kameny A 99 30 K 8 V
Posuv stolu - $S = 1,8 \text{ m/min.}$
Počet otáček vřetene $n = 1\,440 \text{ 1/min.}$
Obvod. rychlost brus. kamenů $v_k = 23,7 \text{ m/sec}$

TAB. II

čís. vzorku	t / mm /	Ra / μm /	kvalita povrchu
1	2 x 0,2		nenapálen, zůstá- vají nečistoty - zbytky licí kůry
2	0,4		nenapálen, nečistý povrch
3	0,6	1,22	nenapálen, bez povrchových vad
4	1 x 0,6 1 x 0,3	1,8	nenapálen, bez povrchových vad
5	0,5	2,20	nenapálen, bez povrchových vad

Dosedací plocha zvedátek byla broušena bez
chlazení. Přesto nedošlo ani při úběru

0,6 mm k napálení povrchu.

Další technologické zkoušky pro dokončovací operaci byly prováděny na brusce BPH 20. Dosedací plocha zvedátka byla broušena obvodem kotouče. Zkoušky byly prováděny bez chlazení.

Byl zkoušen brusný kotouč A 99 120 K 8 V.

$s = 0,8 \text{ m/min.}$

$n = 2\,420 \text{ l/min.}$

Vzhledem k tomu, že byl velmi malý posuv a nebylo zvedátko chlazeno, docházelo již při úběru 0,005 mm k napalování dosedací plochy zvedátka. Proto bylo od dalších zkoušek s tímto brusným kotoučem upuštěno.

Dále byl zkoušen brusný kotouč A 98 60 K 8 V - broušení obvodem kotouče bez chlazení.

$s = 0,8 \text{ m/min.}$ $n = 2\,420 \text{ l/min.}$ $v_k = 32 \text{ m/sec}$

čís.vzorku	t /mm/	Ra / μm /	povrch
8	0,01	0,1	
9	0,015	0,08	
10	0,020	0,12	
11	0,025	0,14	
12	0,030	0,17	slabě napálen
13	0,035	0,21	napálen
14	0,040	0,20	napálen

TAB. IV

pro posuv $s = 10 \text{ m/min.}$
 $n = 2\,420 \text{ l/min.}$
 $v_k = 32 \text{ m/sec}$

TAB. V

číslo vzorku	t / mm /	Ra / μm /	povrch
15	0,01	0,21	
16	0,02	0,24	
17	0,03	0,19	
18	0,04	0,20	slabě napálen

Z provedených zkoušek vyplývá, že pro hrubování je nutno odebrat minimální vrstvu 0,6 mm, aby dosedací plocha zvedátka byla bez povrchových vad. Tuto vrstvu je nutno odebrati nadvakrát. Proto hloubka záběru u první třísky je 0,5 mm, u druhé 0,3 mm. Tím se odebírá celková vrstva 0,8 mm, což je zárukou získání kvalitního povrchu bez povrchových vad.

Dokončovací operace byla při zkouškách prováděna obvodem brusného kotouče. Bylo provedeno měření povrchu při $s = 0,8 \text{ m/min.}$ a $s = 10 \text{ m/min.}$

Při posuvu stolu $s = 10 \text{ m/min.}$ byla při hloubce záběru $t = 0,02 \text{ mm}$ naměřena drsnost $Ra = 0,24 \text{ } \mu\text{m}$, zatím co při $s = 0,8 \text{ m/min.}$

byla zjištěna drsnost $R_a = 0,12 \mu m$ při jinak stejných řezných podmínkách. Z toho vyplývá nutnost použít menšího posuvu pro dosažení kvalitnějšího povrchu. Rovněž je vhodné chladit při dokončovací operaci tlakových vzduchem.

Dokončovací operací při úběru $t = 0,02 \text{ mm}$ obvodem brusného kotouče se dosáhne srovnání nerovností po hrubování a je umožněno dosažení drsnosti $R_a = 0,12 \mu m$ /dle technologických zkoušek/, což je lepší jakost povrchu, než požadovaná drsnost povrchu $R_a = 0,2 \mu m$.

Při původně navrhované koncepci zařízení by byla poslední operace prováděna obvodem brusného kotouče. Hlacíí brusný kotouč byl upevněn na vodorovném vřeteníku a přisazen k otočnému stolu. Vřeteník by přitom byl pevný a hloubka záběru by byla seřizována mikrometrickým šroubem na vřeteníku. Velikost úběru by byla konstantní.

Vzhledem k tomu, že současně budou prováděny dvě operace hrubovací, budou patrně na otočný stůl působit rázy vznikající při hrubování brusnými kameny, upevněnými ve

svislých vřetenících. Tyto rázy nelze přesně zjistit. Lze pouze předpokládat, že tím by byla ovlivněna kvalita při dokončovacím broušení. Proto bylo nutno během vypracování DP změnit část koncepce navrhovaného zařízení. Vřeteník pro dokončovací operaci je svislý. Je umístěn na svislém stojanu a přesně vyvážen. Nad vřeteníkem by byla umístěna pružina, která by vyvozovala přítlačnou sílu brusného nástroje, upevněného ve vřeteníku, na opracovávané zvedátko. Odpružením vřeteníku by se docílilo vyloučení přenosu rázů na brusný nástroj a zajistil se stálý přítlak nástroje pro dokončovací operaci.

Při svislém umístění vřetene bude brusný nástroj brousit čelem a tím se změní i řezné podmínky. Proto bylo třeba provést nové technologické zkoušky pro dokončovací operaci, při které mělo být dosaženo požadované drsnosti $R_a = 0,2 \mu\text{m}$.

Zkoušky byly prováděny na přípravku pro upevnění brusného plochého kotouče, kde bylo možno měnit otáčky od 0 do 700 1/min. a na brusce BPH 20.

Bylo zkoušeno použití kotouče C49 150 K 9 V. Tento kotouč není vhodný pro litinu, ale pro velmi jemnou zrnitost byl zkoušen. Přitlačováním dosedací plochy zvedátka na čelo plochého kotouče při $n = 700 \text{ l/min.}$, $v_k = 11 \text{ m/sec.}$ /velmi malá obvodová rychlost pro broušení/ byla dosedací plocha opracována tak, aby nebyl patrný výbrus po předchozím broušení. Bylo dosaženo zrcadlového lesku při měrném tlaku cca $0,2 \text{ kp/cm}^2$. Na vybroušené ploše byly však shledány matnější plochy, které svědčí o tom, že čerstvě ořvnaný brusný kotouč této zrnitosti se velmi snadno zanáší broušeným materiálem.

Na dosedací ploše zvedátka byla naměřena drsnost $R_a = 0,002 \text{ } \mu\text{m}$. Brusný kotouč této zrnitosti je nevhodný, nehledě na malou obvodovou rychlost kotouče při této zkoušce. Bylo dosaženo příliš kvalitního povrchu a kotouč by se musel minimálně po každém třetím obrobku ořvnávat vzhledem k velkému zanášení kotouče broušeným materiálem.

Dále byl zkoušen kotouč C49 80 K 9 V na brusce BPH 20 při $n = 2\,420 \text{ l/min.}$ a $v_k = 32 \text{ m/sec.}$

VŠST
LIBEREC

Návrh zařízení na opracování
čel zvedátek

DP ST 464 /66

5. LISTOPADU 1966 25

Karel Horák

Právě tak jako u předchozího kotouče C49 150 K 9 V docházelo i v tomto případě k zanášení kotouče při broušení čelem. Rovněž takové poznatky byly získány při broušení dosedací plochy zvedátka čelem kotouče A98 60 K 8 V.

Pro zlepšení chlazení a snížení zanášení brusných kotoučů bylo zkoušeno chlazení olejovou emulzí, petrolejem a olejem. Použití řezných kapalin nevedlo však k lepším pozorovatelným výsledkům.

Použitím kotoučů zrnitosti 150, 80 a 60 se dosáhlo drsnosti lepší než požadované $R_a = 0,2 \mu\text{m}$. Vzhledem k zanášení kotoučů není možno těchto brusných nástrojů použít pro broušení dosedací plochy zvedátek hladkým čelem kotouče.

Bylo nutno hledat tvar brusného kotouče, který by splnil některé podmínky nutné pro úspěšné dobroušení povrchu dosedací plochy zvedátka.

Pro dokončovací operaci je třeba:

- a/ zajistit dostatečné chlazení povrchu
- b/ nesmí být současně broušena příliš

velká plocha

c/ brusný kotouč se nesmí zanášet brouše-
ným materiálem

d/ zajistit takové podmínky, aby brusný
kotouč bylo nutno co nejméně orovnávat.

a/ Při styku obrobku s kotoučem dochází
k ohřevu dosedací plochy zvedátka. Vzhle-
dem k tomu, že dosedací plocha je tvrže-
ná litina, je při přílišném zahřátí ne-
bezpečí popraskání povrchové vrstvy. Je
nutno chladit vzduchem, nelze použít pro
chlazení např. olejové emulze, neboť je
nebezpečí koroze zvedátka.

b/ Brousí-li se současně příliš velká
plocha zvedátka, dochází k velkému přestup-
u tepla do obráběného zvedátka a tím k
případnému popraskání nebo napálení povr-
chu dosedací plochy. Obě tyto možnosti
nesmí v žádném případě nastati.

c/ Vhodnou volbou brusného kotouče, po-
suvu a obvodové rychlosti brusného kotouče
lze sladit požadavek povrchu a odstranit
zanášení brusného kotouče broušeným mate-
riálem.

d/ Ideální brusný kotouč správně zvoleného druhu by se měl za přiměřených pracovních podmínek ostřit sám. Brusná zrna by se měla tříštit nebo vylamovat, jakmile dojde k jejich otupení. Musí se volit kompromis mezi samoostřením a trvanlivostí kotouče, t. zn. že brusný kotouč se musí občas orovnat.

Z vykonaných zkoušek bylo zřejmo, že nelze použít pro broušení hladkého čela brusného kotouče.

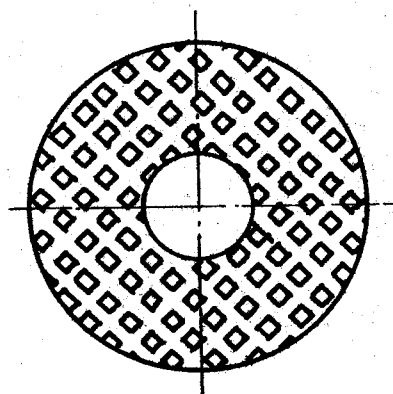
Došlo se k závěru, že nejvhodnější je brusný kotouč, na jehož čele jsou vytvořeny rýhy široké 3 - 5 mm. Byla by zde určitá analogie s použitím rýhovaných lapovacích kotoučů.

Broušení by bylo prováděno pásmy kotouče širokými rovněž 3 - 5 mm. Touto úpravou by byly splněny podmínky nutné pro úspěšné broušení.

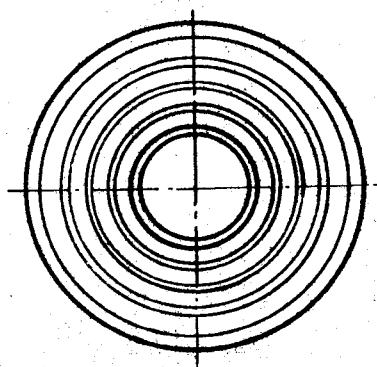
Styk brusného kotouče s obrobkem je tedy pouze v pásmech širokých 3 - 5 mm, vytvořených rýhováním. Styčná plocha je poměrně úzká, broušení je přerušované rýhami. V okamžiku, kdy je nad částí dosedací plochy zvedátka rýha, je umožněno chlazení vzduchem.

Tím se zabrání napalování povrchu. Odebírané třísky materiálu mohou volně vnikat do drážek právě tak, jako otupená a vylámaná zrna brusného nástroje. Tím, že odebraný materiál a vylámaná zrna nebudou ve styčné ploše mezi brusným nástrojem a obráběnou plochou, dosáhne se kvalitnějšího povrchu.

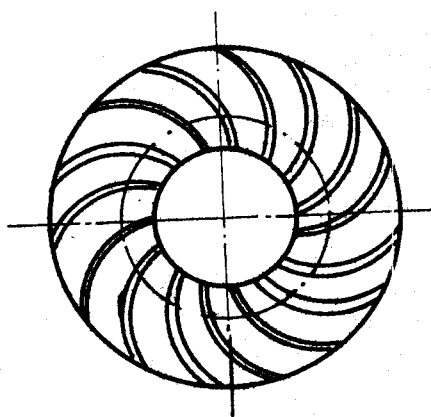
Tvar drážek: je možno použít drážkování jak pravouhlého, tak drážek ve tvaru soustředných kružnic nebo spirál.



Pravouhlé drážkování

Drážkování ve tvaru
soustředných kružnic

obr. 4

Drážkování ve
tvaru spirál

obr. 5

Nejvýhodnější drážkování je drážkování ve tvaru spirál, případně pravouhlé drážkování. U tohoto drážkování je umožněna doprava odebraného materiálu a vylámaných zrn na obvod brusného kotouče. U soustředného kruhového drážkování je nebezpečí hromadění třísek uvnitř drážkování.

Z hlediska výroby by bylo nejvhodnější drážkování ve tvaru kružnic nebo drážkování pravouhlé.

Brusné kotouče musí být z bílého Al_2O_3 - A99B, který je pro litinu nejvhodnější.

litina
V n.p. TOS Varnsdorf se používá pro broušení litiny brusných kotoučů A99B zahraniční výroby, které jsou kvalitnější

a vhodnější než brusivo vyráběné u nás.
Z technických a časových důvodů nemohly
být technologické zkoušky s drážkovanými
kotouči uskutečněny. Drážkování je navrže-
no na základě poznatků o lapování drážko-
vanými lapovacími kotouči a broušení hrnco-
vitými brusnými kotouči.

Navržené řezné podmínky pro dokončovací
broušení je třeba ještě ověřit v praxi, ne-
boť tak nemohlo být provedeno během vypra-
cování DP.

Návrh řezných podmínek

Zvedátka jsou obrobena na konečný
povrch na jedno upnutí za jedno otočení
upínací desky. Obvodová rychlost upínací
desky /posuv/ $s = 0,8 \text{ m / min.}$

Broušení je provedeno na tři operace:

1/ Brusné kameny upnuté ve vřeteníku brusky

BPV 300. Počet otáček vřeteníku

$n = 1\,440 \text{ l/ min.}$

Brusné kameny 150x80x25 A99 30 K 8 V

Přísuv do záběru 0,5 mm

2/ Brusné kameny 150x80x25 A99 36 J 8 V

Přísuv do záběru 0,3 mm

3/ Rýhovaný plochý brusný kotouč

A99B 60 K 8 V $\varnothing$ 250 mm

Brousí se rýhovaným čelem brusného kotouče. Přítlak brusného kotouče na
obráběnou plochu zvedátka cca 0,5-3 kp.
Maximální úběr 0,05 mm.

Kapacitní propočet pro novou technologii

Zvedátka jsou upevněna v otočném stole na roztečném průměru $D = 494 \text{ mm}$.

Pro obvodovou rychlost stolu

$s = 0,8 \text{ m/min.}$ bude počet otáček stolu

$$n = \frac{1000 \cdot s}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 0,8}{\pi \cdot 494} = 0,515 \text{ l/min.}$$

$n = \text{počet otáček stolu} / \text{l/min.} /$

$s = \text{posuv} / \text{obvodová rychlost stolu} / \text{m/min.} /$

$D = \text{roztečný } \varnothing / \text{mm} /$

Doba pro jednu otáčku:

$$t = \frac{1}{n} = \frac{1}{0,515} = 1,94 \text{ min./ot.}$$

$t = \text{délka trvání 1 otáčky stolu}$

V upínací desce otočného stolu je upevněno 12 zvedátek. Zvedátko má po vyjmutí ze stolu konečný povrch, t.zn., že za jedno otočení stolu je opracováno 12 zvedátek.

$$t_k = \frac{t}{12} = \frac{1,94}{12} = 0,162$$

Počet kusů na stroj/hod.:

$$k = \frac{60}{t_k} = \frac{60}{0,162} = 370 \text{ kusů}$$

k = počet kusů na stroj/hod.

t_k = kusový čas v min.

Výpočet počtu strojů pro zajištění požadované kapacity:

$$n = \frac{Q}{E \cdot k} = \frac{300\,000}{4000 \cdot 370} = 0,202$$

Q = nejvyšší roční výroba

E = pracovní fond stroje pro 2 směny
/při 80 % využití/

k = počet kusů na stroj za hodinu

Kapacita stroje bude při dvousměnném provozu využita na 20,2 %.

Výpočet počtu strojů pro zajištění požadované kapacity při jednosměnném provozu:

$$n = \frac{Q}{2000 \cdot 370} = \frac{300\,000}{2000 \cdot 370} = 0,405$$

Při jednosměnném provozu bude kapacita stroje využita na 40,5 %.

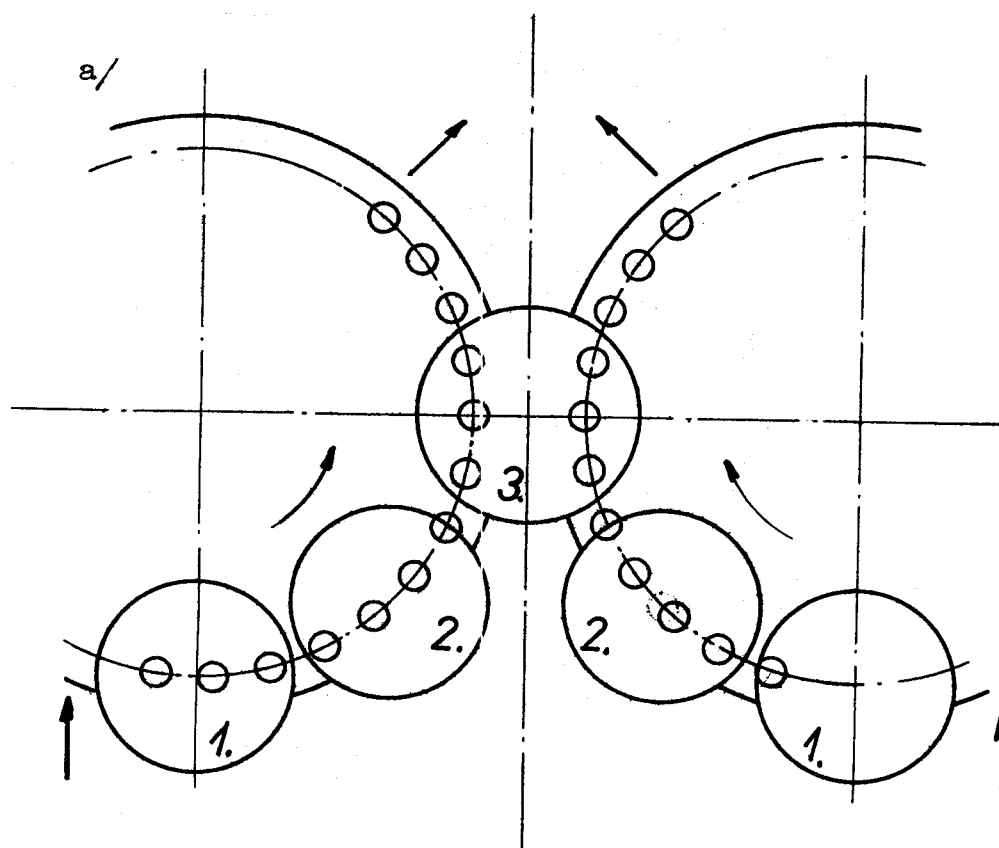
Návrh koncepce jed noučelového zařízení

Při návrhu koncepce stroje je nutno vycházet z technologického postupu. Je nutno odebrat vrstvu v síle minimálně 0,8 mm na dosedací ploše zvedátka. Toto je nutno provést na 2 hrubovací operace a k dosažení požadovaného povrchu o drsnosti $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ je nutno provést třetí operaci, a to hladící.

Pro návrh zařízení byla snaha vypracovat takovou koncepci, aby byla umožněna úplná automatizace.

Tvar upínací desky: pro automatizaci je vhodná kruhová deska s otáčivým pohybem, kdy za jednu otáčku stolu by bylo zvedátko, upnuté v otáčivém stole, opracováno na konečnou jakost povrchu.

Je možno použít několika variant pro vzájemné umístění brusných nástrojů. Z několika návrhů je nejvýhodnější návrh dále propracován.



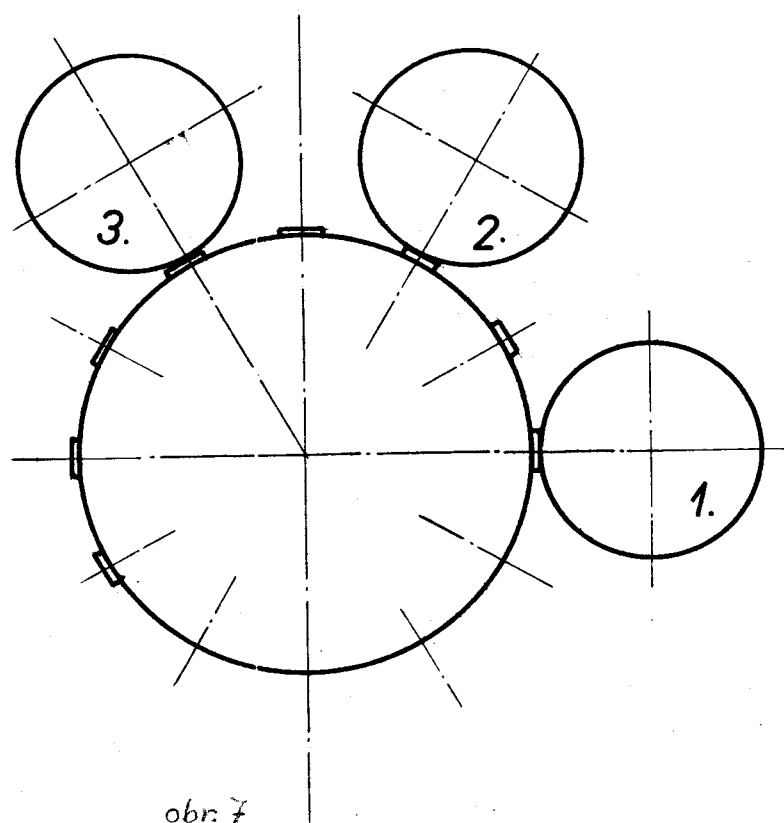
obr. 6

Ke dvěma kruhovým upínacím deskám je přistaven brusný nástroj. Upnutá zvedátka se opracovávají čelem jednoho brusného nástroje, pro druhou a třetí operaci by bylo nutno přidat brusné nástroje ke každé upínací desce.

Pro automatizaci by bylo nutno použít ke každé upínací desce zařízení pro nakládání a vykládání zvedátek.

Jedním společným brusným nástrojem by mohl být brusný kotouč pro dokončovací operaci. Pro realizaci by bylo třeba pěti brusných vřeteníků a pohonu pro dva otočné stoly. Z ekonomického hlediska by byly velmi velké náklady na realizaci projektu.

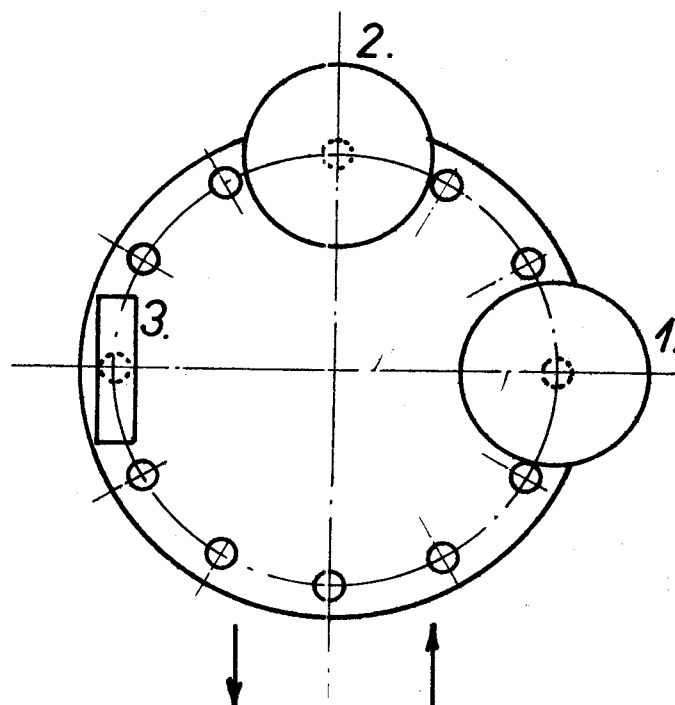
b/



Zvedátka jsou umístěna po obvodě upínací desky. Tři brusné vřeteníky jsou přistaveny tak, aby došlo k úběru na dosedací ploše zvedátka. U této varianty nelze zaručit rovinnost dosedací plochy vzhledem

k tomu, že zvedátka je upevněno tak, že tvoří součást válcové plochy.

c/

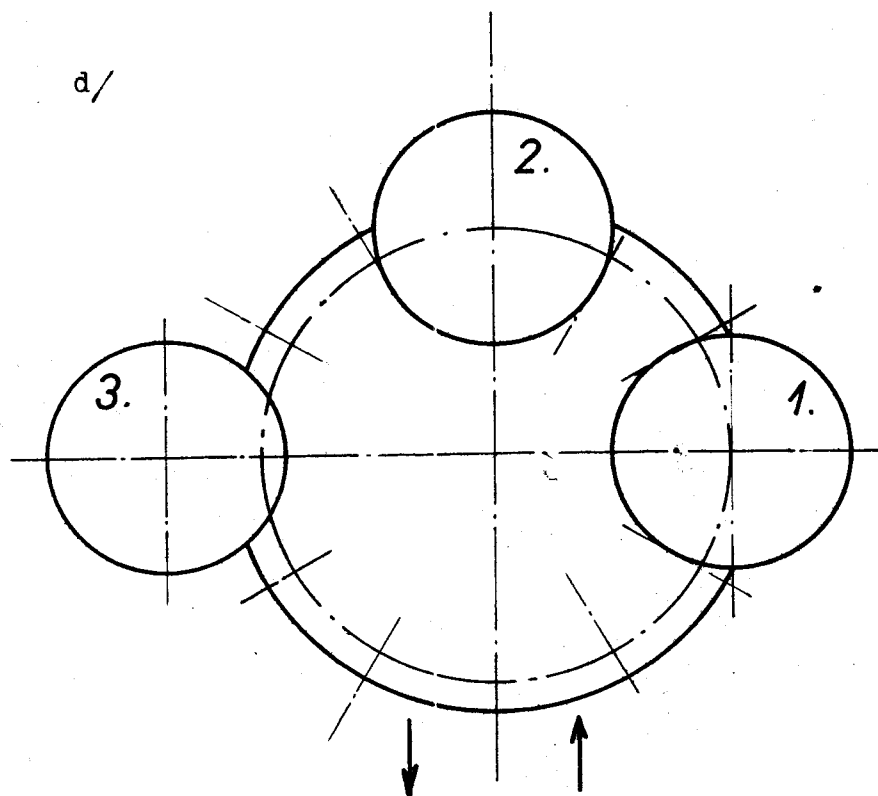


obr. 8

Zvedátka jsou upevněna na čele upínací desky. První a druhá operace je hrubování, třetí operace je jemné broušení. Při třetí operaci se brousí obvodem brusného kotouče. Podle technologických zkoušek pro tento způsob broušení by mělo být při použití brusného kotouče použitého při zkouškách, dosaženo povrchu o drsnosti lepší než $R_a = 0,2 \mu\text{m}$.

Vzhledem k tomu, že dokončovací operace bude prováděna současně s hrubováním na jedno upnutí, nelze přesně říci, do jaké míry bude kvalita povrchu ovlivněna rázy, působícími při hrubovacím broušení. Proto bylo od této koncepce upuštěno.

Otočná upínací deska s upnutými zvedátky:



obr. 9

Brusnými kamery upevněnými do vřeteníků 1 a 2 jsou provedeny hrubovací operace.

Dokončovací operace, t.j. velmi jemné broušení, je provedeno čelem brusného kotouče, určitým tlakem na dosedací plochu zvedátka. Tímto způsobem je možno odstranit vliv chvění, které při broušení vzniká. Působením pružiny je brusný kotouč přitlačován na opracovávanou plochu.

Tato koncepce byla zvolena pro nový jed-
nouúčelový stroj na opracování čel zvedá-
tek.

Koncepce jed noučelového zařízení

Navrhovaná koncepce stroje na opracování čel zvedátek je na výkrese číslo 464 / 66 - 01.

Zvedátka jsou ke stroji dopravována vibračním zásobníkem Kz 706 z násypky Kz 468 o obsahu 250 dm^3 po nakloněných vodících lištách k podávacímu zařízení poz. 12. Zvedátko je zachyceno do kleštin pohybem, synchronizovaným s otáčením upínací desky, je zasunuto do upínací desky /poz. 2/ a po vypadnutí z kleštin a zasunutí do desky, je zvedátko upnuto výstředníkem do prizma /poz. 4 č. výkresu 464 / 66 - 03/.

Za jedno otočení stolu dojde k úplnému opracování čela zvedátka.

Broušením brusnými kameny, upevněnými na vřetenících brusky /poz. 10/, dojde ke hrubování povrchu.

U prvního vřeteníku je hloubka záběru 0,5 mm, u druhého 0,3 mm. Tímto se dostane po hrubování povrch $R_a = 1,8 \text{ } \mu\text{m}$.

Poslední dokončovací operace se provádí vřeteníkem /poz. 11/. Na vřeteníku je upevněn navrhovaný drážkovaný brusný kotouč, který brousí drážkovaným čelem. Brusný kotouč brousí vždy jen jedno zvedátko. Vřeteník je veden ve valivém vedení na kuličkách po vodících lištách, upevněných na svislém stojanu SS 450 x 900 /poz. 7/. Celý vřeteník je vyvážen přes vyvažování JČH 450 x 250. Nad vřeteníkem je upravena pružina, kterou je možno vyvodit tlak vřeteníku při broušení na opracováváný povrch. Tlak vřeteníku je možno seřizovat.

Aby zvedátka nenajížděla na hranu čela kotouče, je nutno nadzvednout celý vřeteník, dovolit zajetí čela zvedátka pod brusný nástroj a brusný kotouč opět spustit na opracovávanou plochu. Dosáhne se toho tím, že k vřeteníku se upevní narážka, která může celý vřeteník nadzvednout o 1 - 1,5 mm. Na upínacím výstředníku je výstupek, který je určen pro správné upnutí součástí. Tento výstředník /poz. 3 č.výkr. 464 / 66 - 03/ přesahuje obrys upínací desky.

Jakmile narazí narážka na výčnělek výstředníku, nadzvedne se vřeteník. Při otáčení upínací desky odejde ze záběru opracovaný kus a nové zvedátko se dostane pod čelo brusného kotouče. Narážka uvolní vřeteník, ten opět dosedne čelem brusného kotouče na čelo zvedátka a dojde k opracování čela zvedátka. Po projetí určité dráhy, ještě než zvedátko opustí plochu brusného kotouče, nadzvedne se narážkou vřeteník, opracované zvedátko opustí obrys půdorysu brusného kotouče a nové, dosud neopracované zvedátko se dostane pod čelo brusného kotouče, vřeteník se uvolní a brusný kotouč může opracovávat čelo zvedátka. Zdvih vřeteníku je seřízen tak, aby úběr čelem kotouče nemohl být větší než 0,05 mm. Je to zajištěno představitelným dorazem, umístěným nad vřeteníkem.

Po opracování čelem drážkovaného kotouče se docílí požadovaného povrchu. Zvedátko je dále uvolněno a vyjímacím zařízením vyjmuto z upínací desky. Je podáno na nakloněný žlab, umístěný mezi upínací deskou a vyjímacím zařízením, odkud

opracované zvedátko může padat do připravené palety, nebo přímo na dopravník pro dopravu k dalšímu stroji. Celý tento cyklus se opakuje 12 krát za jedno otočení stolu.

Pro sestavu bylo, pokud to bylo možné, použito stavebnicových prvků nebo částí strojů, které výrobní podnik dodává jako náhradní díly. Základy stroje tvoří: stojan upínací desky /poz. 1, č.výkresu 464 / 66 - 01/. Stojan je svařovaný z plechu ČSN 425310 s půdorysem dle výkresu a výšky 630 mm. Po stranách jsou upraveny tři připojovací plochy pro připojení stojanů vodorovných SV 450 x 900, SV 450 x 1 000 a SV 450 x 800 /výrobce n.p. TOS Kuřim/. Na všech vodorovných stojanech jsou připraveny stojany svislé SS 450 x 900 pro upevnění vřeteníků. Na stojanech vodorovných /poz. 3 a 4/ jsou svislé stojany umístěny přes zvyšovací desky /poz. 17/. Na svislých stojanech /poz. 6/ jsou upevněny na vedení brusné vřeteníky BPV 300 včetně zvedacího mechanismu, které výrobce dodává jako náhradní díly k brusce BPV300/1500

VŠST LIBEREC	Návrh zařízení na opracování čel zvedátek	DP ST 464 / 66
		5. LISTOPADU 1966 44
		Karel Horák

Na svislém stojanu /poz. 7/ je upevněn ve valivém vedení speciální brusný vřeteník /poz. 11/.

Seřizování brusných vřeteníků /poz.10/ se provádí mikrometrickým šroubem na hlavě vřeteníku. Sladění všech tří vřeteníků automaticky by bylo velmi obtížné, proto se vřeteníky /poz. 10/ nastavují ručně a třetí vřeteník je seřízen pouze na přítlačný tlak pružinou v části nad vřeteníkem.

Orovnávání brusných nástrojů se provede orovnávačem, u brusných vřeteníků BPV 300 orovnávačem, upevněným na vřeteníku a u vřeteníku /poz. 11/ orovnávacím diamantem, upevněným na spodní části vřeteníku.

Automatizace spočívá hlavně v podávání a vyjímání zvedátek. Mechanismy je nutno zakrytovat proti prachu a s náklady na zakrytování se počítá v pořizovací ceně stroje. Pohon otočné upínací desky obstarává elektromotor /poz. 14/ přes typizovanou převodovku TS 03070.10 /poz.15/.

Výpočet řezných sil

1. operace - broušení brusnými kameny

A 99 30 K 8 V

hloubka odebírané vrstvy $t = 0,5 \text{ mm}$ otáčky brusného vřetene $n = 1\,440 \text{ l/min.}$ obvodová rychlost $v_k = 23,5 \text{ m/sec}$ posuv $s = 0,8 \text{ m/min.}$

$$S_{ot} = \frac{s}{n} = \frac{800}{1\,440} = 0,55 \text{ mm/ot.}$$

Řezná síla dle / 1 /

pro litinu $C_p = 2$

$$\begin{aligned} P_{z1} &= C_p \cdot v_k^{0,7} \cdot S_{ot}^{0,7} \cdot t^{0,6} = \\ &= 2 \cdot 23,5^{0,7} \cdot 0,55^{0,7} \cdot 0,5^{0,6} = \\ &= 2 \cdot 9,1 \cdot 0,66 \cdot 0,66 = 7,9 \text{ kp} \end{aligned}$$

2. operace - broušení brusnými kameny

A99 36 J 8 V

hloubka odebírané vrstvy: $t = 0,3 \text{ mm}$ otáčky brusného vřetene $n = 1\,440 \text{ l/min.}$ obvodová rychlost $v_k = 23,5 \text{ m/sec}$

posuv $s = 0,8 \text{ m/min.}$
posuv /1 ot. $S_{ot} = 0,55 \text{ mm/ot.}$

$$\begin{aligned} Pz_2 &= C_p \cdot v_k^{0,7} \cdot S_{ot}^{0,7} \cdot t^{0,6} \\ &= 2 \cdot 23,5^{0,7} \cdot 0,55^{0,7} \cdot 0,3^{0,6} \\ &= 2 \cdot 9,1 \cdot 0,66 \cdot 0,49 = 5,9 \text{ kp} \end{aligned}$$

3. operace - broušení rýhovaným brusným

kotoučem A99B 60 K 8 V

otáčky brusného kotouče

$$n_k = 2\,420$$

$$s = 0,8 \text{ m/min.}$$

$$v_k = 31,5 \text{ m/sec}$$

$$S_{ot} = \frac{800}{2\,420} = 0,33 \text{ mm/ot.}$$

$$\begin{aligned} Pz_3 &= C_p \cdot v_k^{0,7} \cdot S_{ot}^{0,7} \cdot t^{0,6} \\ &= 2 \cdot 31,5^{0,7} \cdot 0,33^{0,7} \cdot 0,01^{0,6} \\ &= 2 \cdot 11 \cdot 0,46 \cdot 0,065 = 0,65 \text{ kp} \end{aligned}$$

Za předpokladu, že úběr rýhovaným čelem
kotouče bude 0,01 mm, vychází $Pz = 0,65 \text{ kp.}$
Tato hodnota je ale vzhledem k empirii
vzorce nepřesná.

2
nelze
takto
přítat

Vzhledem k tomu, že brusná hlava bude při první a druhé operaci zabírat dvakrát, bude se počítat dvojnásobek P_z .

to není
pravda

Celková síla P_z při broušení:

$$\begin{aligned} P_{z_c} &= 2 \cdot P_{z_1} + 2 \cdot P_{z_2} + P_{z_3} = \\ &= 2 \cdot 7,9 + 2 \cdot 5,9 + 0,65 = \\ &= 15,8 + 11,8 + 0,65 = 28,25 \text{ kp} \end{aligned}$$

Krouticí moment nutný pro otáčení stolu:

$$\begin{aligned} P_{z_c} &= 28,25 \text{ kp} \\ r &= 247 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M_k = P_{z_c} \cdot r = 28,25 \cdot 24,7 = 700 \text{ kp cm}$$

Příkony elektromotorů pro pohon brusných nástrojů:

Pro 1. operaci:

$$\begin{aligned} N_{el_1} &= \frac{P_{z_1} \cdot v_k}{60 \cdot 102 \cdot \eta} = \frac{7,9 \cdot 23,5}{60 \cdot 102 \cdot 0,7} = \\ &= 0,044 \text{ kW} \end{aligned}$$

2,6 kW

VŠST LIBEREC	Návrh zařízení na opracování žel. zvedátek	DP ST 464 / 66
		5. LISTOPADU 1966 48
		Karel Horák

Pro 2. operaci:

$$N_{el2} = \frac{Pz_2 \cdot v_k}{60 \cdot 102 \cdot \eta} = \frac{5,9 \cdot 23,5}{60 \cdot 102 \cdot 0,7} =$$

$$= 0,033 \text{ kW } 1,94 \text{ kW}$$

Pro 3. operaci:

$$N_{el3} = \frac{Pz_3 \cdot v_k}{60 \cdot 102 \cdot \eta} = \frac{0,65 \cdot 31,5}{60 \cdot 102 \cdot 0,5} =$$

$$= 0,0067 \text{ kW } 0,4 \text{ kW}$$

Výkon elektromotoru pro pohon otáčivého stolu:

$v = 0,8 \text{ m/min.}$ $D = 494 \text{ mm}$

počet otáček stolu:

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{0,8}{\pi \cdot 494} = 0,515 \text{ 1/min.}$$

$$N_{kW} = \frac{M_k \cdot n}{97\,450 \cdot \eta_{pr}} = \frac{700 \cdot 0,515}{97\,450 \cdot 0,7}$$

$$= 0,053 \text{ kW } 2$$

Pro pohon stolu vyhovuje motor R45n o výkonu: $N = 0,9 \text{ kW}$ a $n = 700 \text{ 1/min.}$

Mezi elektromotor a otáčivou upínací desku
je nutno zařadit převodovku.

Parametry nutné pro volbu převodovky:

otáčky na pomaluběžném hřídeli $n_2 = 0,515 \text{ l/min.}$

otáčky elektromotoru $n_1 = 700 \text{ l/min.}$

$$\text{převodový poměr: } i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{700}{0,515} = 1\,360$$

$$\frac{N_2}{n_2} = \frac{0,053}{0,515} = 0,16 \quad M_k = 700 \text{ kpcm}$$

N_2 = maximálně povolený výkon na pomaluběžném hřídeli /kW/

M_{k_2} = max. krouticí moment na pomaluběžném hřídeli /kpcm/

Pro pohon stolu přichází v úvahu nejmenší typizovaná převodovka se dvěma čelními a jedním šnekovým soukolím typu TS 030470. Bude použita převodovka 120x700x1360x0,16 TS 030470.10 /doplňková číslice 10 určuje smysl otáčení podle katalogu/.

Pohon otočné upínací desky je na výkrese č. 464 / 66 - 02. Krouticí moment je na upínací desku přenášen přes převodovku /poz. 31/ a hřídel 14. Deska je upevněna na přírubu /poz. 3/, která je středěna dvouřadým válečkovým ložiskem /poz. 28/. Váha desky s obrobky a svislá složka řezné síly se zachycuje axiálním kuličkovým ložiskem velkého průměru /poz. 29/. Proti zvedání klopným momentem od vodorovné složky řezné síly je deska zachycena zespo- da dalším axiálním kuličkovým ložiskem /poz. 27/.

Elektromotor pro pohon upínací desky je umístěn ve stojanu upínací desky a zasahuje do vodorovného stojanu /poz. 5 č.výkr. 464 / 66 - 01/. Přístup je montážním otvo- rem 500 x 500 mm.

Výpočet drážkování pro přenos M_k od hřídele /poz. 14/ na přírubu /poz. 3/.

Profil 32 x 40 x 5 ČSN 01 4944

$Z = 10$ $f = 24,0 \text{ mm}^2$ $W_k = 8,340 \text{ cm}^3$

$M_k = 700 \text{ kpcm}$ materiál: 11 600

$$\tau_k = 21 \text{ kp/mm}^2$$

$$\tau_{k_1} = \frac{M_k}{W_k} = \frac{700}{8,340} = 84 \text{ kp/cm}^2$$

$$\tau_{k_1} = 0,84 \text{ kp/mm}^2$$

Výpočet drážkování podle měrného tlaku.
Hřídél je v přírubě neposuvný, pro příznivé
namáhání $p = 10 \text{ kp/mm}^2$.

$f' = 24,0 \text{ mm}^2$ - úhrnná účinná opěrná plo-
cha drážek, připadající na 1 mm délky
drážkování.

$$p \cdot f' \cdot l = P$$

$$D_s = \frac{D + d}{2} = \frac{32 + 40}{2} = 36 \text{ mm}$$

$$r_s = \frac{36}{2} = 18 \text{ mm}$$

$$P = \frac{M_k}{r_s} = \frac{700}{18} = 390 \text{ kp}$$

Minimální délka drážkování

$$l_{min} = \frac{P}{p \cdot f'} = \frac{390}{10 \cdot 24} = 1,6 \text{ mm}$$

Skutečný měrný tlak: délka drážkování 55 mm

$$p = \frac{P}{f' \cdot 1} = \frac{390}{24 \cdot 55} = 0,296 \text{ kp/mm}^2$$

tedy silně předimenzované!

Drážkování vyhovuje

Drážkování pro spojení ozubeného kuželového kola /poz. 8/ s hřídelem /poz. 14/ profil 36 x 45 x 5 ČSN 01 4944.

Ozubené kuželové kolo /poz. 8/ je pro pohon podávacího a vyjímacího mechanismu.

Drážkování pro spojení hřídele /poz. 14/ se spojkou /poz. 12/ -- profil 28 x 35 x 4 ČSN 01 4944.

$$f' = 20,2 \text{ mm}^2$$

$$D_s = \frac{28 + 35}{2} = \frac{63}{2} = 31,5$$

$$r_s = \frac{D_s}{2} = \frac{31,5}{2} = 15,75 \text{ mm}$$

$$P = \frac{700}{1,57} = 445 \text{ kp}$$

$$p = \frac{P}{l \cdot f'} = \frac{445}{28 \cdot 20,2} = 0,79 \text{ kp/mm}^2$$

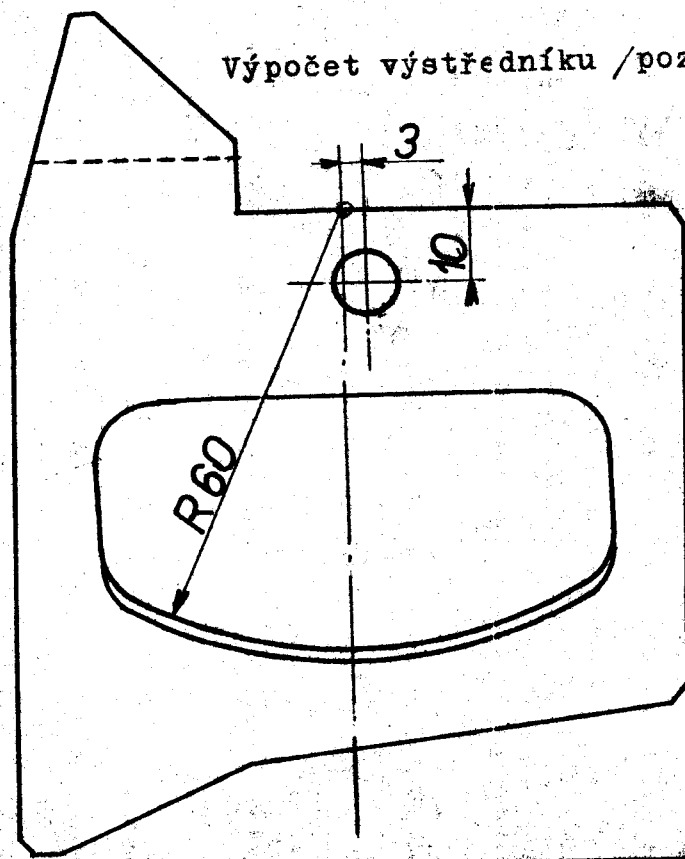
Délka drážkování $l = 28 \text{ mm}$

Namáhání je příznivé.

Na přírubě /poz. 3/ je připevněna upínací deska /č. výkr. 464/66-03/.

Zvedátka se upínají do upínací desky
výstředníkem /poz. 3/ do prizma /poz. 4/.

Výpočet výstředníku /poz. 3/



obr. 10

Výstřednost:

$$e = \sqrt{10^2 + 3^2} = \sqrt{109} = 10,44 \text{ mm}$$

Výstředník je určen těmito parametry:

$$e = 10,44 \text{ mm} \quad \frac{R}{e} = \frac{60}{10,44} = 5,9 \quad f = 0,1$$

Upínací síla $N = 100 \text{ kp}$ Výstředník musí být samosvorný - úhel
příslušný samosvorné poloze:

$$\cos \alpha_f = \frac{\frac{R}{e} \cdot f^2 \pm \sqrt{1 - f^2 \left[\frac{R^2}{e^2} - 1 \right]}}{1 + f^2}$$
$$= \frac{5,9 \cdot 0,01 \pm \sqrt{1 - 0,01 \left[\frac{60^2}{10,44^2} - 1 \right]}}{1 + 0,01}$$
$$= \frac{0,059 \pm 0,826}{1,01}$$

$$\cos \alpha_1 = 0,716 \quad 0,976$$

$$\cos \alpha_2 = -0,599 \quad -0,750$$

$$\alpha_1 = 44^\circ 15'$$

$$\alpha_2 = 126^\circ 50'$$

Výstředník je samosvorný pro $\alpha_f = 126^\circ 50'$

Doplňkový zdvih výstředníku:

$$h' = a [1 - \cos (180^\circ - \alpha_f)] =$$

$$= 10,44 [1 - \cos (180^\circ - 126^\circ 50')] = 4,18 \text{ mm}$$

h' zaručuje pro ($h' > \delta$) upnutí.

δ - max. odchylka obrobku.

Pro upínací sílu $N = 100 \text{ kp}$ je nutný moment pro upínání:

$$M = N [a \cdot \sin \alpha_f + f (R + a \cdot \cos \alpha_f)] =$$

$$M = 100 [10,44 \cdot 0,599 + 0,1 \cdot (60 + 10,44 \cdot 0,599)] = 1\,265,5 \text{ kpmm}$$

Síla pružiny pro utahování výstředníku

/č. výkr. 464/66-04, poz. 34/:

$$p = 80 \text{ mm}$$

$$P = \frac{M}{p} = \frac{1\,265,5}{80} = 15,8 \text{ kp}$$

Utahování výstředníku se provádí odpruženou narážkou /č. výkr. 464/66-04 poz. 20/
V samosvorném stavu přidržuje výstředník pružina /č. výkr. 464/66-03 poz. 6/.

Uvolnění výstředníku se provede pevnou narážkou, umístěnou na skříni automatického vyjímání zvedátek /č. výkr. 464/66-05/.

Automatizace podávání a vyjímání zvedátek

Pro podávání a vyjímání zvedátek přicházejí v úvahu mechanismy hydraulické, pneumatické, nebo mechanické. Při návrhu koncepce byly použity mechanické mechanismy; jejich pohyb je synchronizován s pohybem stclu. Oba mechanismy jsou poháněny elektromotorem pro pohon upínací desky, t.zn., že nepotřebují svůj vlastní pohon a pracují spolehlivě. Náklady na pořízení a provoz budou menší než u mechanismů hydraulických nebo pneumatických. Automatické podávání zvedátek je na výkrese č. 464/66 - 04, vyjímání zvedátek na výkrese č. 464/66 - 05.

Automatické podávání zvedátek

Stojan podavače zvedátek je upevněn na stojanu stroje /poz. 1 č.výkr. 464/66 - 01/. Pohon podavače je od ozubeného kola /poz. 8 č. výkr. 464/66 - 02/, o počtu zubů $z_1 = 216$, $m = 2$, které je v záběru s kuželovým ozubeným kolem /poz. 49 č. výkr. 464/66-04/ o počtu zubů $z_2 = 18$. Převodový poměr $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{12}$

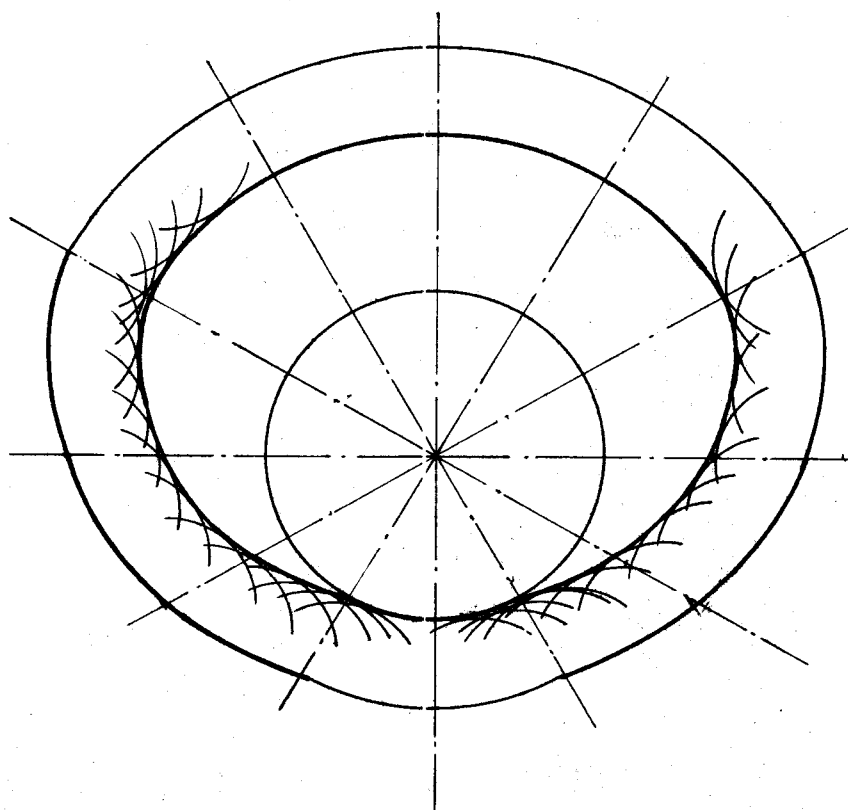
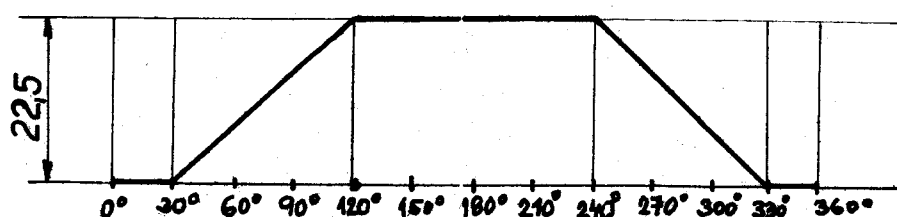
Dalším kuželovým soukolím /poz. 50, 51/ s převodovým poměrem $i = 1$ je poháněna plochá vačka o zdvihu 22,5 mm. Váhovým převodem dostaneme zdvih 50 mm, který je nutný pro zasouvání táhla /poz. 2/ s kleštinami /poz. 3/. Páka je přitlačována na vačku pružinou /poz. 36/, která zároveň zajišťuje zpětný pohyb táhla bez zvedátka.

Pružina /poz. 37/ zajistí otevírání a svírání čelistí pro uchycení zvedátka, které zapadne do čelistí z vodicích lišt /poz. 29/ vlastní vahou. Zvedátko je zasunuto čelistmi částí dříku do upínací desky, která svým pohybem zvedátko z čelistí vytrhne a zasune pod krycí plech /poz. 5/, který zajistí zasunutí zvedátka do prizma a výstředníku v upínací desce. Upnutí zajistí odpružená narážka /poz.20/.

Průběh zdvihu a tvar ploché vačky u podávacího mechanismu.

zdvih $h = 22,5 \text{ mm}$

základní průměr $D_0 = 45 \text{ mm}$



obr. 11

Automatické vyjímání zvedátek

Vyjímání zvedátek je právě tak, jako podávání, synchronizováno s otáčivým pohybem stolu. Pohon je od ozubeného kola /poz. 8 č.výkr. 464/66-02/, které je v záběru s ozubeným kolem /poz. 23 č.výkr. 464/66-05/. Stojan mechanismu pro vyjímání zvedátek je připevněn na stole stroje /poz. 1 č.výkr. 464/66-01/.

Ve skříni vyjímání zvedátek jsou dvě bubnové vačky, které zajistí vyjmutí zvedátka. Zvedátko je zachyceno vidlicí /poz. 15 č.výkr. 464/66-05/. Vidlice je připevněna na táhlu /poz. 16/. Táhllo je nasazeno v trubce vedení /poz. 17/, kde je otočné. Je osazeno a ze strany vedení je jištěno proti vysunutí pojistkou, která však dovoluje otáčení. V táhlu je vyfrézována drážka, která se ke konci mění ve šroubovici. V drážce je zasazen šroub /poz. 51/, který zajistí vedení táhla a při vysunutí zvedátka i otočení táhla a tím vypadnutí zvedátka na žlab, kterým zvedátko bude dopraveno do palety, nebo na dopravník. Výstředník upínající zvedátko v upínací desce se uvolní pevnou narážkou, tvořenou skříni. Zvedátko je uvolněno a je možno jej vyjmout.

VŠST
LIBEREC

Návrh zařízení na opracování
čel zvedátek

DP ST 464 / 66

5. LISTOPADU 1966 61

Karel Horák

Axiální pohyb táhla /poz. 16/ zajistí bubnová vačka o zdvihu 65 mm /poz. 4/. Vodící tyč /poz. 10/ umožní zdvih vodící kostky /poz. 12/, která zdvihne táhlo /poz. 16/ se zvedátkem a umožňuje axiální pohyb a tím i otočení a vypadnutí zvedátka. Zdvih vodící kostky je zajištěn bubnovou vačkou o zdvihu 75 mm /poz. 5/.

Výpočet průměru bubnových vaček u vykládacího mechanismu.

Bubnová vačka $h = 65 \text{ mm}$

Úhel pootočení $\varphi = 75^\circ$

Úhel stoupání $\alpha = 35^\circ$ $\text{tg } \alpha = 0,7$

$$D_0 = \frac{360 \cdot h}{\pi \cdot \varphi^\circ \cdot \text{tg } \varphi} = \frac{360 \cdot 65}{\pi \cdot 75 \cdot 0,7} =$$

$$= 123 \pm 130 \text{ mm} \quad 142$$

Bubnová vačka $h = 75 \text{ mm}$

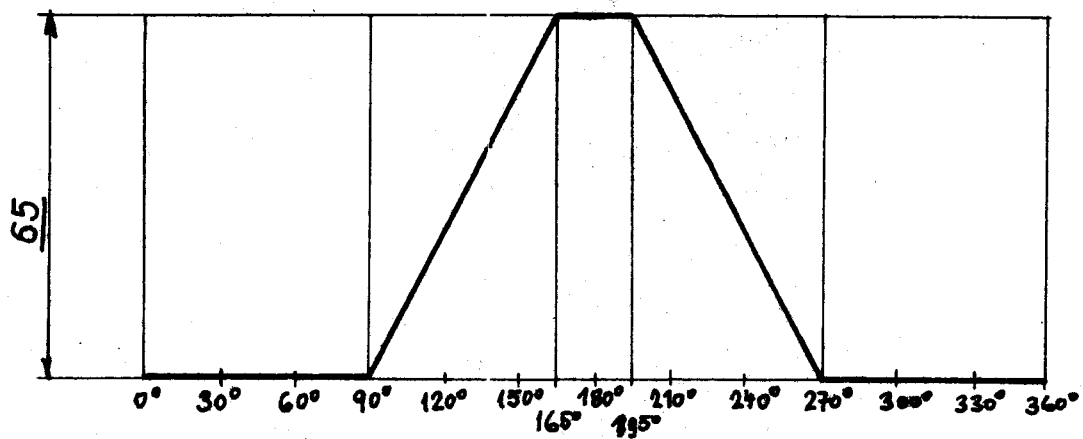
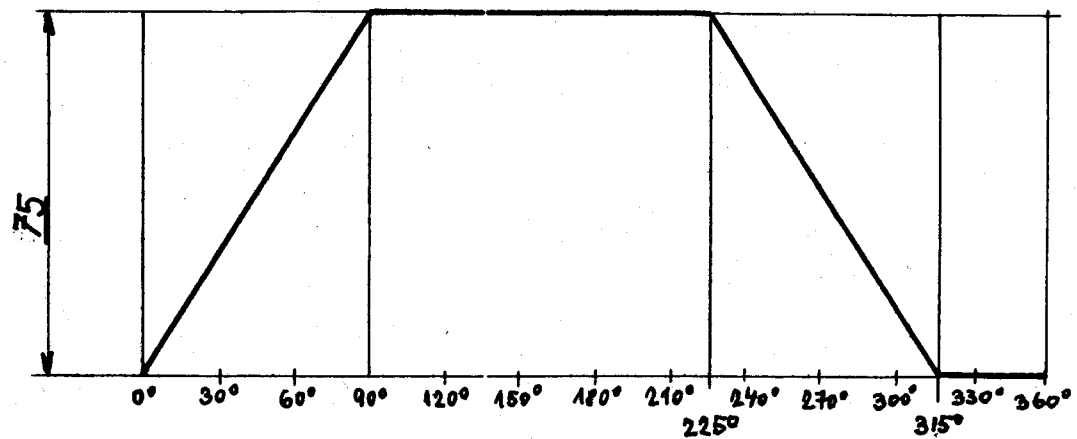
Úhel potočení $\varphi = 90^\circ$

Úhel stoupání $\alpha = 35^\circ$ $\text{tg } \alpha = 0,7$

$$D_0 = \frac{360 \cdot h}{\pi \cdot \varphi^\circ \cdot \text{tg } \alpha} = \frac{360 \cdot 75}{\pi \cdot 0,7 \cdot 90} =$$

$$= 136 \pm 140 \text{ mm}$$

Průběh zdvihu bubnových vaček v závislosti
na úhlu otočení^u vyjímacího zařízení.



obr. 12

Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení ukazuje hospodářský efekt vzniklý zavedením jednoúčelového stroje. Ukazuje názorně hospodářské výsledky při použití staré a nové technologie.

Dosud používaný stroj pro dosavadní technologii: BPV 300/1500

$$\text{počet strojů } n = \frac{Q}{E \cdot k} = \frac{300\,000}{4000 \cdot 49,5} = 1,51$$

počet strojů ≈ 2

Q = nejvyšší roční výroba: 300 000 kusů

E = pracovní fond stroje = 4 000 hodin

k = počet kusů na stroj za hod. = 49,5

Pořizovací cena strojů BPV 300/1500 pro dosavadní technologii:

cena 1 stroje BPV 300	50 000 Kčs
cena 1 přípravku	200 Kčs
cena 2 strojů BPV 300	100 000 Kčs
cena 2 přípravků	400 Kčs
<u>celková cena</u>	<u>100 400 Kčs</u>

z lacinného
kraje

Pořizovací cena jednoúčelového stroje pro
novou technologii:

stojan vodorovný 450x800	3 100 Kčs
stojan vodorovný 450x900	3 300 Kčs
stojan vodorovný 450x1000	3 400 Kčs
stojan svislý 450x900 /3 ks a 3300/	9 900 Kčs
vyvážení JČH 450x250	4 000 Kčs
zvyš.deska 450x500x300 /2ks a 1800/	3 600 Kčs
vřeteník BPV 300 spec./2 ks a 10000/20 000 Kčs	
vřeteník odpružený spec.	7 000 Kčs
podstavec pod otoč. stůl, otočný stůl spec.	34 000 Kčs
podávání zvedátek	1 500 Kčs
vyjímání zvedátek	1 500 Kčs
vibrační zásobník	6 000 Kčs
převodovka + vřeteník	12 000 Kčs
elektrická instalace včetně pa- nelů + elektromotor	20 000 Kčs
úplná hydraulika	16 000 Kčs
celková montáž včetně mechanických zkoušek	18 000 Kčs
funkční zkoušky a úpravy } 2	10 000 Kčs
funkční zkoušky a úpravy }	2 000 Kčs
demontáž a montáž po stěhování včetně seřízení stroje	8 000 Kčs
stěhování, vyrovnání a zabetonování	4 000 Kčs
poloprovaz, zaškolení pracovníků	3 500 Kčs
c e l k e m	190 800 Kčs
+ 10 % kalkul. rezerva	19 080 Kčs
c e l k e m	209 880 Kčs

Náklady na 1 000 ks dosavadní technologie:

1/ Jednicové mzdy

- práce ve čtvrté třídě

čas placený 0,52 min.

mzdy na 1 kus 0,045 Kčs

mzdy na 1 000 kusů 45,-- Kčs

práce v páté třídě

čas placený 0,695 min.

mzdy na 1 kus 0,07 Kčs

mzdy na 1000 kusů 70,-- Kčs

celk. mzdy na 1000 kusů 115,-- Kčs

2/ Sociální režie

vychází z vyplacených jednicových mezd

nemoc. pojištění 8 %

rezerva na dovolenou 10 %

pracovní volno 1 %

celkem 19 %

sociální režie na 1 kus 0,0218 Kčs

sociální režie na
1 000 ks 21,8 Kčs

3/ Spotřeba nářadí

- pro novou technologii nelze přesně vyčíslit, předpokládá se stejná spotřeba, jako pro technologii dosavadní.

4/ Odpisy

odpisy na 1 kus	0,042 Kčs
odpisy na 1000 kusů	42,-- Kčs

5/ Údržba zařízení

- údržba se předpokládá stejná jak u dosavadního, tak nového zařízení.

6/ Spotřeba energie

- předpokládá se, že množství odebraného materiálu bude přibližně stejné a tím i spotřeba energie.

7/ Ostatní náklady

ostatní náklady na 1 kus	0,02 Kčs
ostatní náklady na 1000 kusů	20,-- Kčs

Srovnatelné náklady na 1000 kusů dle dosavadní technologie:

$$C_s = 115 + 21,8 + 42 + 20 = 180,8 \text{ Kčs}$$

Náklady na 1000 ks při použití nové technologie:

1/ Jednicové mzdy

čas placený	0,162 min.
mzdy na 1 kus pro tř. 5E	0,0162 Kčs
mzdy na 1000 kusů	16,-- Kčs

2/ Sociální režie

sociální režie 19 % z jedn.mezd	
sociální režie na 1 kus	0,003 Kčs
sociální režie na 1000 kusů	3,-- Kčs

3/ Spotřeba nářadí

- pro novou technologii nelze přesně
vyčíslit, předpokládá se stejná spotře-
ba, jako pro technologii dosavadní.

4/ Odpisy

životnost stroje	8 let
roční odpisová norma	13 %
roční odpisy: $209\ 880 \cdot 0,13$	$= 27\ 000$ Kčs
odpisy na 1 kus	0,09 Kčs
odpisy na 1000 kusů	90,-- Kčs

5/ Údržba zařízení

- údržba se předpokládá stejná jako u
dosavadního zařízení.

6/ Spotřeba energie

- předpokládá se, že množství odebraného materiálu bude přibližně stejné a tím i spotřeba energie.

7/ Ostatní náklady

ostatní náklady na 1 kus	0,02 Kčs
ostatní náklady na 1000 kusů	20,-- Kčs

Srovnatelné náklady na 1000 kusů dle nové technologie:

$$C_n = 16 + 3 + 90 + 20 = 129 \text{ Kčs}$$

$$C_s - C_n = 180,8 - 129 = 51,8 \text{ Kčs}$$

Úspora vzniklá zavedením nové technologie činí 51,8 Kčs na 1000 kusů.

Podstatnou část této úspory představují jednicové mzdy. Dále nastane úspora na výrobní ploše, vzhledem k tomu, že bude použit jeden stroj, místo dvou při dosavadní technologii.

Celková roční úspora pro kapacitu 300 000 ks/rok:

$$C = 300 \cdot 51,8 = 15\,500 \text{ Kčs}$$

Doba úhrady:

$$T_u = \frac{209\,880}{27\,000} = 7,75 \text{ roku}$$

Závěr

Finanční úspora 15 500 Kčs za rok
mluví ve prospěch zavedení nového stroje.
Dalším důležitým faktorem je úspora pra-
covní síly, což je rovněž velmi důležitým
argumentem pro zavedení nového jednoúčelo-
vého stroje.

Koncepce stroje předpokládá použití
speciálně upraveného vřeteníku pro dokončo-
vací operaci k odstranění chvění a použití
rýhovaného brusného kotouče k získání kva-
litního povrchu čela zvedátka.

Závěrem děkuji konzultantu
Ing. O. Musilovi za pomoc při vypracování
této diplomové práce.

Liberec, listopad 1966

VŠST
LIBEREC

Návrh zařízení na opracování
čel zvedátek

DP ST 464 / 66

5. LISTOPADU 1966 71

Karel Horák

Seznam výkresů

název:

číslo výkresu:

Jednouúčelový stroj

DP-ST 464/66 - 01

Pohon upínací desky

DP-ST 464/66 - 02

Upínací deska

DP-ST 464/66 - 03

Automatické podávání
zvedátek

DP-ST 464/66 - 04

Automatické vyjímání
zvedátek

DP-ST 464/66 - 05