

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

NOSITELKA ŘÁDU PRÁCE

Fakulta strojní

Obor 23-21-8

Výrobní stroje a zařízení
zaměření

sklářské a keramické stroje

Katedra sklářství a keramiky

PÍCHACÍ MECHANISMUS

Ivo Matoušek

DP 082/85

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Nosek, CSc.

- VŠST Liberec

Konzultant: Ing. Karel Staněk

- ŽBS, k.p. Žel. Brod

Rozsah práce:

Počet stran	53
Počet tabulek	3
Počet obrázků	15
Počet výkresů	4
Počet modelů	0

24.5.1985

Vysoká škola: **strojní a textilní** Fakulta: **strojní**
Katedra: **Sklářských a keramických strojů** Školní rok: **1984/1985**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **Ivo M a t o u š k a**

obor **23-21-8 Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský
a spotřební průmysl**

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Píchací mechanismus mechanického lisu**

Zásady pro vypracování:

V současné době se některé velikosti bižuterních kamenů, lustrových ověsů a dalších výrobků vyrábějí mačkáním do kleští, protože stávající strojní mačkadla neumožňují vyrobit píchané skleněné předměty velikosti od 32 mm. Vyřešením strojní výroby velkých skleněných píchaných výrobků by dovolilo podstatně inovovat sortiment užitkových předmětů.

Okolem Vaší diplomové práce bude:

1. Zhodnotit současný stav
2. Provést kinematickou analýsu mechanismu lisu
3. Navrhnout alternativní řešení píhacího mechanismu
4. Vhodnou alternativu konstrukčně zpracovat
5. Provést ekonomické zhodnocení

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

V 68/85 5

Rozsah grafických prací: cca 40 stran textu doplněno o technickou dokumentaci podloženou odpovídajícími výpočty

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

Konstrukční dokumentace lisovacího mechanismu

Charvát J.: Keramika se základy teorie mechanismů

Skripta VŠST-Liberec 1971

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jaroslav Nosek, CSc.

Datum zadání diplomové práce:

1.10.1984

Termín odevzdání diplomové práce:

24.5. 1985



Doc. Ing. J. Bělá, CSc.

Vedoucí katedry

Doc. RNDr. Bohumil Stráž, CSc.

Děkan

v Liberci dne 1.10. 1984

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury

Ivo Matoušek
Ivo Matoušek

V Liberci 24.května 1985

Seznam použitých značek a symbolů	5
1. Úvod	6
2. Současný stav výroby píchacích předstřků v k.p.ŽBS	9
3. Analýza stávajícího mechanismu	13
3.1. Popis mechanismu	14
3.1.1. Popis funkce lisu	14
3.1.2. Spojka mechanismu	16
3.2. Kinematická analýza mechanismu lisu	18
3.2.1. Kinematická analýza válečků	18
3.2.2. Kinematická analýza lisovacího pohybu	21
3.2.2.2. Odvození funkční závislosti na úhlu pootočení 5 - 55°	22
3.2.2.3. Odvození funkční závislosti pro úhly pootočení 55 - 160°	23
3.2.2.4. Odvození funkční závislosti pro úhly pootočení 160 - 195°	24
3.2.2.5. Hodnocení analýzy lis.pohybu	25
4. Alternativní návrhy řešení píchacího mechanismu	30
4.1. Rozbor variant řešení	31
4.1.1. Varianta č. 1	31
4.1.2. Varianta č. 2	31
4.1.3. Varianta č. 3	35
4.2. Shrnutí variant	35
4.3. Resumování varianty č. 3	35
4.3.1. Základní pracovní cyklus mechanismu	37
4.3.2. Návrh nových válečků	40
4.3.3. Regulace okamžiku vpichu	43
4.3.4. Popis uchyvací jehly	44
4.3.5. Návrh propichovacích pružin	45
5. Ekonomické zhodnocení	46
6. Závěr	48
7. Použitá literatura - seznam	49
Příloha - tabulky výrobních souřadnic válečků	50

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

F	 síla /N/
s	 tloušťka výlisku /mm/
t, τ	 čas /s/
V	 objem /m ³ /
α	 úhel boku /°/
φ	 úhel pootočení /°/
δ, β	 počáteční úhel pootočení kliky /°/
G	 modul pružnosti ve smyku /MPa/
τ_p	 dovolené napětí v krutu /MPa/
ω	 úhlová rychlost /s ⁻¹ /
ν	 dynamická viskozita /Pas/
l	 délka kliky /mm/
p	 tlak /Pa/
v	 rychlost /ms ⁻¹ /
a	 zrychlení /ms ⁻² /
z, h	 zdvih /mm/
y	 stlačení pružiny /mm/
y_0	 volná délka pružiny /mm/
r, R	 poloměr /mm/
r_n, φ_n	 polární výrobní souřadnice vačky /mm/, /°/
ϱ	 poloměr /mm/
P_D	 dovolený tlak na otláčení /Pa/
d	 průměr drátu pružiny /mm/
D	 průměr pružiny /mm/
$n_{(i,c)}$	 počet závitů pružiny
S	 plocha /m ² /
k	 koeficient bezpečnosti
H	 výška matice /mm/
s_z	 stoupání závitu /mm/
φ_w	 Wahlův korekční součinitel
v_z	 závitová vůle /mm/
σ	 normální napětí /MPa/
σ_p	 dovolené napětí v tlaku /MPa/
c	 tuhost pružiny /MPa/
n	 otáčky /s ⁻¹ /
$zš$	 délka vpichu /mm/

1. ÚVOD

Oblast Jablonecka je charakterizována velmi rozšířenou sklářskou a bižuterní výrobou, která má již dlouholetou tradici. První sklárny u Jablonce n.N. vznikly již v polovině 16.století, a to především ve Mšeně roku 1548, v Syřišřově Stanovsku, Rejdicích a Bedřichově. Skláři sem přicházeli, neboť zdejší krajina byla bohatá na potřebné suroviny a nebyla postižena zintenzivněním rudné těžby na Jáchymovsku a s tím souvisejícím zdražením dřeva. Převratný rozvoj sklářství na Jablonecku způsobil objev sklářské kompozice a počátky pasířství, které vedly ke vzniku jablonecké bižuterie, čímž se jabloneckým sklářům otevřely dveře do celého světa.

Na Jablonecku se ve sklářské výrobě uplatňuje řada technologií, ale ve většině případů je základním polotovarem výlisek ze skla. Tyto sklářské výlisky jsou vyráběny speciálním druhem lisování, t.zv. mačkáním. Mačkání je převážně dvoustupňovou technologií, která je vynucena technologickým postupem tavení skloviny (nabíhavé barvy) a také tím, že zpracovávání skloviny se provádí v řadě provozů, ve značné míře v dílnách domácích mačkářů. Mačkání sklářských výrobků prošlo značným vývojem. Nejstarším způsobem je mačkání z tyčí kleštěmi, ve kterých jsou umístěny tvárnice - t.zv. kaplíky. Se snahou o snížení fyzické námahy a o mechanizaci této technologie se objevila mačkadla, u nichž se vyvozovala lisovací síla přes pákový mechanismus. Nejvýznamnějšími z těchto "pákových" mačkadel se staly t.zv. kaplovky. Jejich velkou předností je možnost nastavení okamžiku lisování a polohy jehly v širokých mezích. Vzhledem k tomu, že i tato mačkadla vyžadovala fyzickou námahu, pokračovaly i nadále

snahy o její snížení. Prvními mačkadly, která plně odstranila fyzickou práci a jejichž technologický proces byl plně mechanizován, byla mačkadla Kopalova. Mačkání na nich bylo také mačkání z tyčí. S dalším vývojem se objevují i t.zv. Maturova mačkadla, u kterých dochází k mačkání z proužku skloviny, vytékajícího z vany. S rostoucím objemem výroby se objevují i další vysoce výkonná mačkadla, jako např. KS mačkadlo, rotační mačkadlo, DS mačkadlo či BT hlavičky.

Při výrobě mačkaných předmětů se využívají dva způsoby lisování. Klasickým způsobem, kterého se využívá např. při mačkání do kleští, na Kopalově i Maturově mačkadle je t.zv. brokové lisování, nebo-li lisování s přetokem. Je to nejrozšířenější způsob v oblasti výroby jablonecké bižuterie, který má kromě určitých výhod (není třeba dodržet přesnou váhu kapky skloviny a lze ji orientovat ve formě takovým způsobem, že se stopy po odstříhu dostanou do přetoku, se kterým se odstraní) i nevýhody, jako je nutnost odstranění přetoku, větší spotřeba skloviny a také zvýšená zmetkovitost vlivem záštipu při odstraňování broku, nutnost broušení boku výlisku. Modernějším způsobem lisování je t.zv. bezbrokové, kterým se získávají tvarově i povrchově kvalitní výlisky s čistým lemem, a to přímo z teplé dávky, získané stříháním proužku skloviny, vytékajícího z tavícího agregátu. Odpadají náklady na operace stříhání broku a lemování. Ovšem i tento způsob má určité nevýhody, jako je přesné dávkování a orientace dávky skloviny ve formě a také choulostivější technologické zpracování.

Přestože existují vysoce výkonné lisy pro sklářskou výrobu, můžeme se mnohde ještě i v současnosti setkat s mačkáním do kleští. V souladu se závěry sjezdů KSČ, a vzhledem k

tomu, že se jedná opravdu o velmi namáhavou fyzickou práci, se i zde objevují snahy o mechanizaci těchto posledních ručních sklářských výrob lisovaných předmětů.

2. SOUČASNÝ STAV VÝROBY PÍCHANÝCH PŘEDMĚTU V KONCERNOVÉM PODNIKU ŽELEZNOBRODSKÉ SKLO

V k.p. Železnobrodské sklo se na mačkadlech vyrábějí pouze píchané předměty ve velikostním sortimentu do 32mm. Pro výrobu těchto perel a perliček se používají především dva typy mačkadel, která obsahují píchací mechanismus. Prvým z nich je Maturovo mačkadlo, druhým pak Kopalovo.

Maturovo mačkadlo a jeho modifikace jsou určeny ke zpracování drobných skleněných výlisků z proužku natavené skloviny, která je v požadované teplotě přiváděna z elektrické tavící vany přes feeder do mačkadla. Maturovo mačkadlo je stroj, ve kterém se automaticky lisují skleněné výlisky z proužku skloviny. Základním zařízením mačkadla je lisovací mechanismus, konající pohyb ve dvou rovinách. Vlastní lisování probíhá mezi tvárnici, které konají přímočarý vratný pohyb ve vodorovné rovině a vratný pohyb ve svislé rovině - t.zv. krok. Píchacím zařízením dochází k píchání otvorů do výlisků. Všechny tyto pohyby jsou řízeny vačkami, umístěnými na centrálním hřídeli. Proužek skloviny je přiváděn mezi tvárnice, kde je lisován do požadovaného tvaru. Jedna tvárnice je umístěna v rámu lisovacího mechanismu, druhá na posuvných saních v seřizovacím stolku, v němž se seřizuje souosost tvárnice. Pohyb saní je řízen lisovací vačkou, o kterou se opírá rolka umístěná v odkruženém rameně saní. Velikost lisovací síly je regulovatelná předpětím pružiny ramene. Krok je řízen krokovou vačkou přes vahadla. Pohyb píchacího zařízení je řízen píchací vačkou přes vidlici. Velikost délky vpichu je regulovatelná posuvem těmenu po rameni vidlice. Proužek výlisků je pod lisovacím mechanismem veden a přidržován žlábkem. Na konci žlábků je umístěn urážecí, kte-

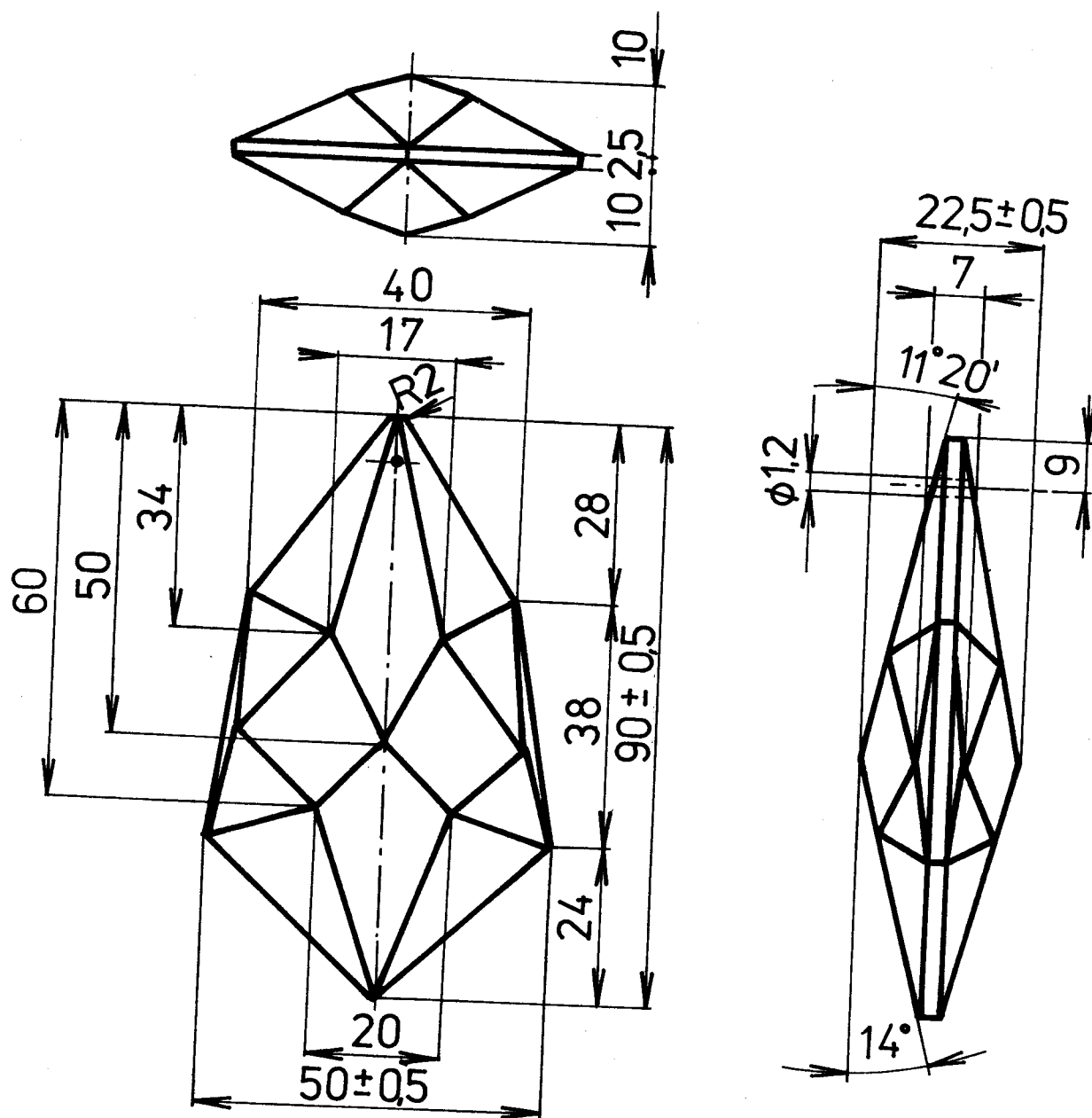
rým se seká proužek výlisků. Frekvence vražeče je řízena nezávisle elektronicky a je regulovatelná. Pohon vačkového hřídele je proveden elektromotorem.

Druhým typem mačkadel používaných v k.p. ŽBS pro výrobu píchaného zboží menších rozměrů je mačkadlo Kopalovo. Pracuje jako lis, u kterého je pohyb razníku a píchací jehly vyvozen pomocí vaček. Protože se toto mačkadlo výhradně používá pro mačkání z tyčí, pohyb razníku probíhá ve vertikální rovině. Výhodou tohoto mačkadla je možnost nastavení optimálních technologických podmínek úpravou obrysu vačky, nebo seřízením táhel pákového mechanismu. Nevýhodou je pak možnost změny frekvence lisování pouze ve dvou stupních daných průměry řemenice náhonů, dále pak i nestejněměrná kvalita výrobků, která závisí na teplotě zpracování suroviny.

SOUČASNÝ STAV VÝROBY LUSTROVÝCH OVĚSU

Lustrové ověsky se v podstatě vyrábějí dvěma způsoby, které se od sebe odlišují především množstvím vyráběných kusů. Pro ověsky vyráběné ve velkých sériích se používají výkonné lisy, jako například karusely. Výroba ověsků v malých sériích by při využití tohoto strojního parku nebyla ekvivalentní, neboť by se nemohla v celé šíři uplatnit jeho hlavní přednost - vysoká výkonnost a také by docházelo k plýtvání deficitním materiálem forem. Proto se tyto výrobky ještě i v současné době vyrábějí klasickým způsobem, t.j. mačkáním do kleští. Toto mačkání je fyzicky velmi náročné, zejména když sortiment těchto nespecifických výrobků domácích mačkářů (pendle, vachtle, pryzmy a další tvary) zahrnuje větší kusy.

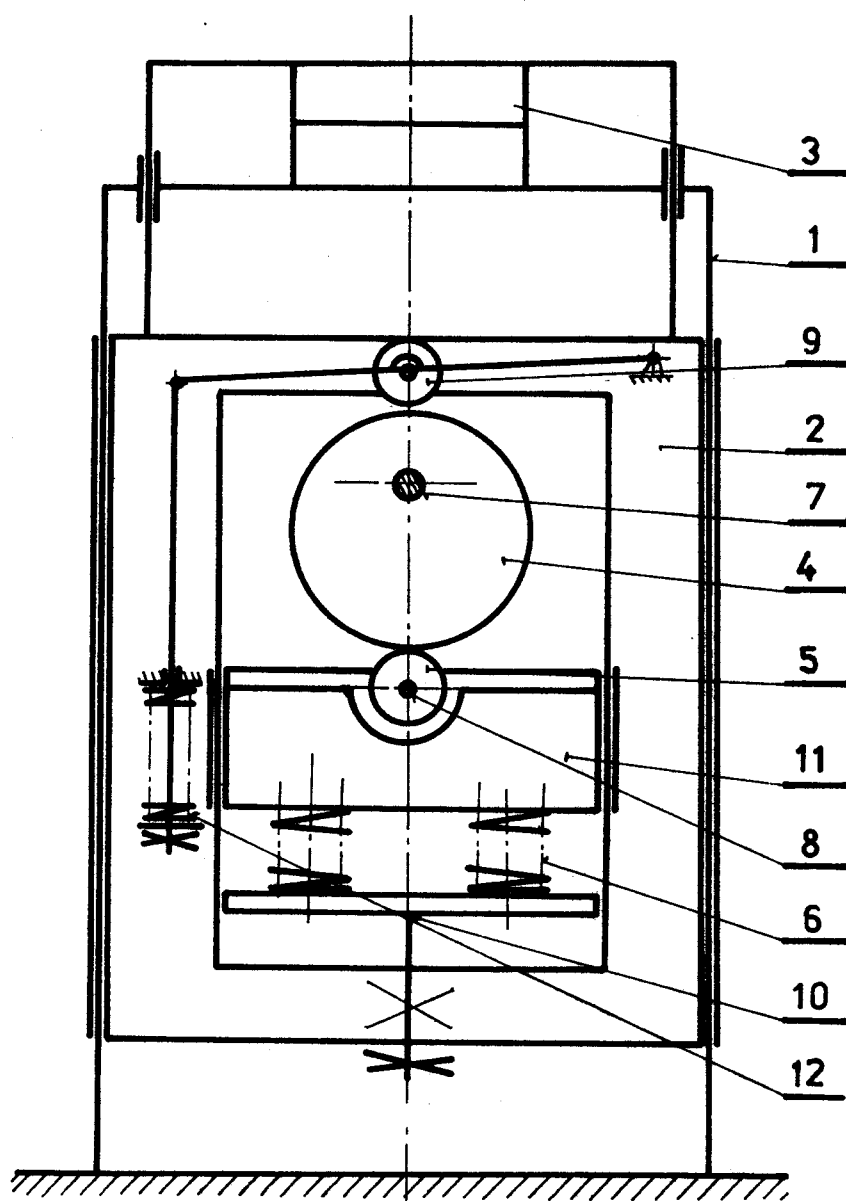
Především z tohoto důvodu je třeba výrobu malých sérií lustrových ověsků zmechanizovat. Po přezkoumání vlastních možností v k.p. ŽBS se dospělo k závěru, že by se mohlo pro mechanizaci výroby tohoto sortimentu píchaného zboží využít mačkadla, které vlastní jeden domácí dělník - zaměstnanec ŽBS.



Obr. čís. 1

Příklad ručně mačkaného lustrového ověsku
 Vachtle číslo 0605/3,5"

3. ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO MAČKADLA



Obr. čís. 2

Schema stávajícího mačkadla

1. rám lisu
2. beran lisu
3. forma
4. vačky - lisovací + zdvihací
5. kladička
6. pružiny - lisovací
7. hřídel
8. čep kladičky 5
9. kladička
10. šroub proregulaci lisovací síly
11. saně
12. pružina zvedací kladičky

3.1. POPIS MAČKADLA

Stávající lis se skládá z pevného rámu, označeného na obrázku číslo 2, pozicí 1, ve kterém se v rybinovém vedení pohybuje beran lisu (pozice 2). Beran se skládá z několika dalších podčástí. Kromě vlastního rámu beranu lisu, vodících čepů a hlavy (razníku) je součástí beranu také těleso saně (pozice 11). V tomto tělese, jež je suvně uloženo v kostře beranu, je upevněn čep (pozice 8), na kterém se nachází kladička 5. Tato kladička je ve styku s lisovací vačkou. Saně 11 jsou zesponu podepřeny čtyřmi pružinami (pozice 6), kterými je realizován vlastní silový styk mezi kladičkou a lisovací vačkou. Otáčením šroubu 10 je možno seřizovat předpětí těchto pružin a tím regulovat velikost lisovací síly.

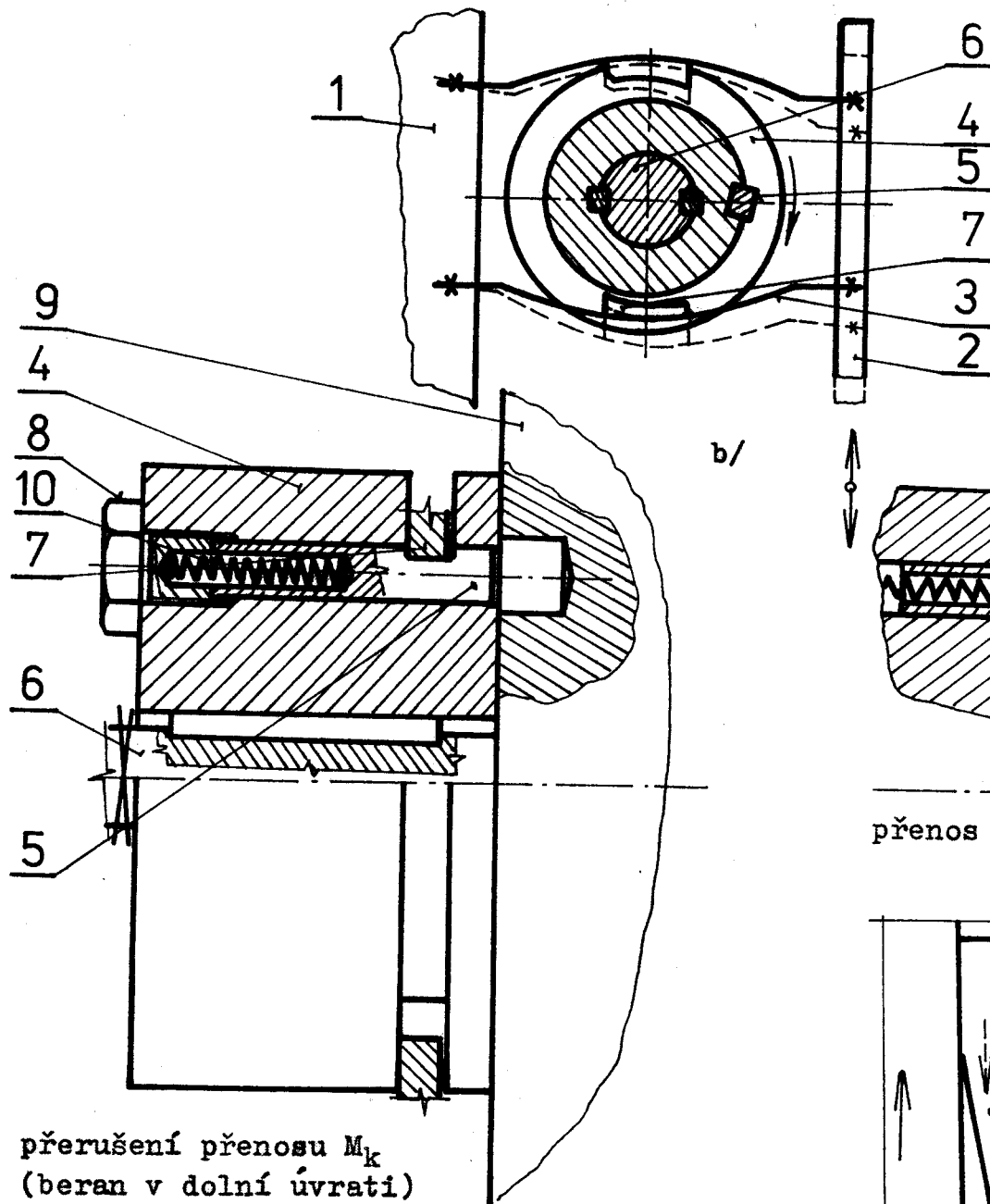
V rámu lisu je uložen vačkový hřídel (pozice 7), na němž je upevněna zdvihací a lisovací vačka. Lisovací vačka slouží k realizaci lisovacího pohybu, zdvihací pak k návratu do horní úvrati.

Pohonnou jednotkou mačkadla je asynchronní motor o výkonu 2 kW, uložený ve spodní části rámu mačkadla. Kroutící moment se převádí pomocí klínových řemenů na řemenici, která je otočně uložena na centrálním vačkovém hřídeli. Z kotouče věnce řemenice se kroutící moment převádí pomocí mechanické, krokové, kolíkové, nohou ovládané spojky, schopné vypínat ve dvou, proti sobě o určitý úhel pootočených polohách.

3.1.1. Popis funkce lisu

Razník lisu se pohybuje ve vertikální rovině. Nachází-li se razník v horní úvrati (vzdálenost mezi čepem kladičky 8 a vačkovým hřídelem 7 je minimální - nedochází k lisování), vlo-

a/



přerušení přenosu M_k
(beran v dolní úvratí)

Obr. čís. 3

Spojka

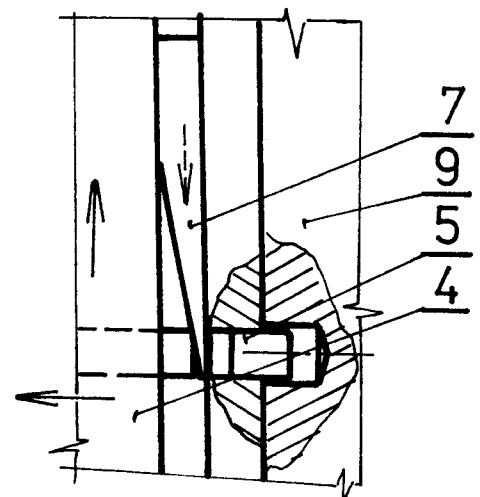
a/ schema

b/c/ funkce spojky

1. rám
2. táhlo
3. segment - páka
4. těleso spojky
5. kolík
6. hřídel
7. klínek
8. šroub
9. kotouč věnce řemenice
10. pružina

b/

přenos M_k



náběh klínku
(rozvinutý tvar)

ží mačkář do prostoru mezi kaplíky nahřátou tyč. Potom sešlápne pedál spojky a hřídel s vačkou se pootočí o úhel 200° , kde se zastaví - v průběhu tohoto pohybu dochází k lisování. Po ukončení lisování - po době, kdy dochází k chladnutí výlisku ve formě, mačkář uvolní pedál spojky, čímž dojde k přenosu kroutícího momentu mezi asynchronním motorem a vačkovým hřídelem, což způsobí návrat beranu lisu z dolní do horní úvrati. Tlumení rázu při pohybu beranu lisu do horní úvrati je provedeno pružinou 12, která realizuje silový styk mezi zdvihací vačkou a kladičkou 9.

3.1.2. Spojka mačkadla

Jak již bylo uvedeno, přenos kroutícího momentu z kotouče řemenice na vačkový hřídel mačkadla se uskutečňuje pomocí krokové, mechanické, kolíkové, nohou ovládané spojky. Kotouč věnce řemenice je kluzně uložen na hřídeli. Těleso spojky je naklínováno na hřídeli mačkadla. Přenos kroutícího momentu mezi kotoučem věnce řemenice (pozice 9) a tělesem spojky (pozice 4) je uskutečněn pomocí kolíku 5.

Pomocí pedálu spojky je ovládáno táhlo (pozice 2), na němž jsou upevněny dva segmenty měsíčkovitého tvaru, které obepínají těleso spojky (obr. 3 a). Segmenty jsou na druhé straně v podélném směru uchyceny pomocí šroubu v rámu lisu, takže vlastně mají funkci jednoramenných pák. Podle toho, zda je pedál spojky sešlápnut, či nikoliv, je v záběru s drážkou tělesa spojky jeden nebo druhý klínek, který je na segmentu připevněn. Není-li pedál spojky sešlápnut, je v záběru s drážkou tělesa spojky klínek na spodním segmentu, zajišťující zastavení beranu lisu v horní úvrati. Při sešlápnu-

tí pedálu spojky se do záběru dostává klínek horního segmentu, který přerušuje přívod kroutícího momentu na hřídel lisu v poloze pootočené o úhel 200° - beran se nachází v dolní úvratí. Po uvolnění pedálu spojky dojde k návratu beranu lisu zpět do horní úvratí, přičemž se vačkový hřídel pootočí o úhel 160° .

Přenos kroutícího momentu z rotujícího kotouče věnce řemenice na stojící těleso spojky je proveden kolíkem, který je po uvolnění ze zajištěné polohy přitlačován do drážky v tělese kotouče pružinou 10, jejíž předpětí je možno regulovat šroubem 8. Síla pružiny působí do té doby, než zapadne kolík do otvoru v rotujícím kotouči. Jakmile zapadne, dojde ke spojení tělesa spojky s kotoučem a tím k přenosu kroutícího momentu - k pootočení tělesa spojky o úhel 200° , respektive 160° . V této poloze bude spojení tělesa spojky a kotouče opět přerušeno, neboť kolík při otáčivém pohybu najede na nos klínku, který jej postupně vysune ze záběru s kotoučem věnce.

Pohyb beranu lisu tedy lze zastavit ve dvou definovaných polohách pootočených proti sobě o úhel 200° , resp. 160° . Setrvání v těchto krajních polohách je limitováno pouze dobou sešlápnutí pedálu spojky.

3.2. KINEMATICKÁ ANALÝZA MECHANISMU LISU

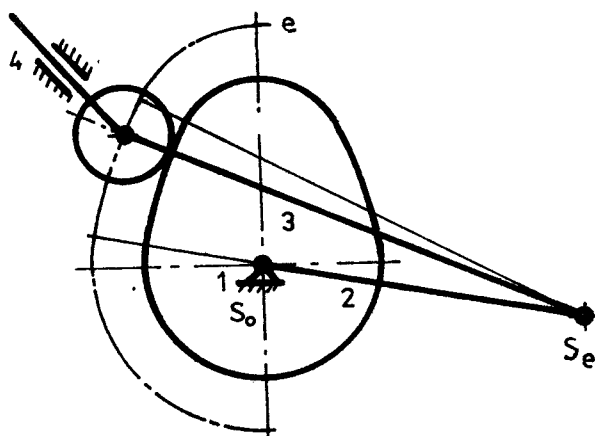
Úkolem kinematické analýzy je postižení pohybových závislostí - dráhy, rychlosti, zrychlení v závislosti na čase.

Jak již bylo dříve uvedeno, je lisovací i zpětný pohyb beranu lisu vyvozen pomocí vaček - vačky lisovací a vačky zdvihací. Proto chceme-li provést kinematickou analýzu mechanismu lisu, musíme analyzovat vačky.

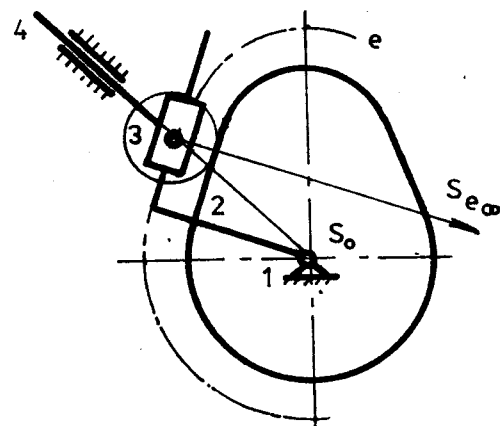
3.2.1. Kinematická analýza vaček

Kinematické poměry je možno řešit dvěma základními principy. První z nich je metoda rozvinutí vačky ve zdvihovou závislost, která je funkcí úhlu pootočení vačky φ . Prvou derivací zdvihu $h(\varphi)$ podle úhlu pootočení získáme rychlost zdvihátka v daném místě. Dvojnásobnou derivací pak získáme zrychlení $a(\varphi)$. Derivovat lze jak numerickým, tak i grafickým způsobem.

Kinematické poměry na vačkách, zvláště pak zrychlení zdvihátka s kladičkou je možno řešit matematicky. Ústrojí se řeší buď jako trojčlenný mechanismus, nebo se utvoří vhodné náhradní ústrojí. Vačka s kruhovým bokem se nahrazuje klikovým ústrojím s ojnicím čepem ve středu křivosti oblouku boku (obr.4a). Pro vačku s přímým bokem leží střed křivosti S_e v nekonečnu a jako náhradní mechanismus získáme mechanismus Whitworthův s čepem objímky ve středu kladky (obr.4b). Náhradní mechanismus se pak řeší jako mechanismus čtyřčlenný. Vačky s centrickým zdvihátkem a bokem z kruhového oblouku nebo bokem přímkovým lze řešit i analyticky - uvažujeme o ústrojí tak, jakoby střed kladky sledoval ekvi-

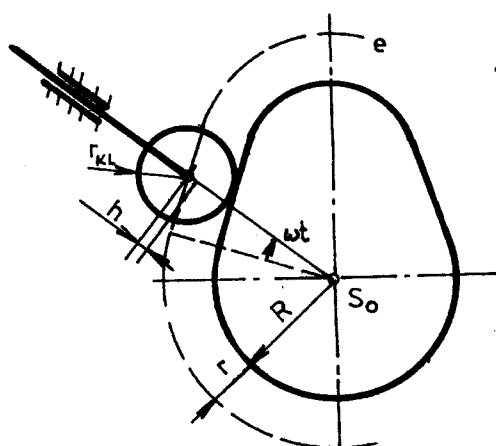


a/ vačka s kruhovým bokem

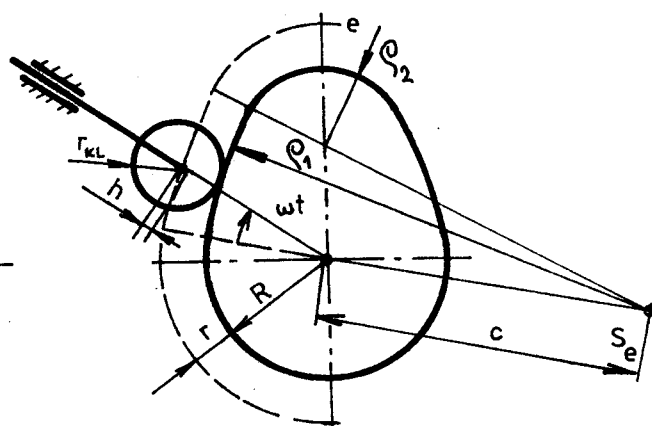


b/ vačka s přímkovým bokem

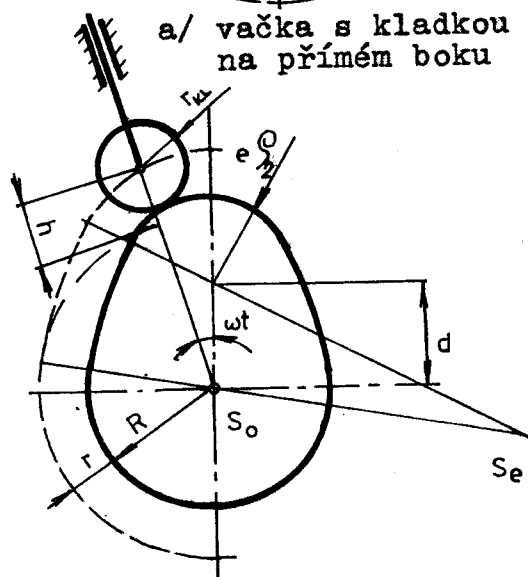
Obr.čís. 4 Náhradní mechanizmy vaček



a/ vačka s kladkou na přímém boku



b/ vačka s kladkou na kruhovém boku



c/ vačka s kladkou na vrcholové kružnici

Obr. čís. 5

Vačky

distantu profilu vačky opsanou ve vzdálenosti poloměru kladky r .

Pro vačku s přímkovým bokem podle obr. 5a/ se pro kladku na boku dostane vztah: $h = (R+r) \cdot \left(\frac{1}{\cos \omega t} - 1 \right)$,

pro rychlost zdvihátka derivací zdvihu podle času

$$v = \frac{dh}{dt} = \omega (R+r) \frac{\tan \omega t}{\cos^2 \omega t},$$

a pro zrychlení druhou derivací zdvihu podle času:

$$a = \frac{d^2 h}{dt^2} = \omega^2 (R+r) \cdot \frac{1 + \sin^2 \omega t}{\cos^3 \omega t}$$

Pro vačku s kruhovým bokem podle obr. 5b dostaneme pro kladku na boku tyto vztahy:

$$\text{pro zdvih} \quad h = \sqrt{(\varrho_1 + r)^2 - c^2} \cdot \sin^2 \omega t - c \cdot \cos \omega t - (R+r),$$

pro rychlost zdvihátka derivací zdvihu podle času

$$v = \frac{dh}{dt} = -\omega c \left[\frac{c \cdot \sin 2\omega t}{2 \sqrt{(\varrho_1 + r)^2 - c^2} \cdot \sin^2 \omega t} - \sin \omega t \right],$$

pro zrychlení druhou derivací podle času

$$a = -\omega^2 c \cdot \left\{ \frac{c \cdot \cos 2\omega t}{\sqrt{(\varrho_1 + r)^2 - c^2} \cdot \sin^2 \omega t} + \frac{c^3 \cdot \sin^2 (2\omega t)}{4 \left[\sqrt{(\varrho_1 + r)^2 - c^2} \cdot \sin^2 \omega t \right]^3} - \cos \omega t \right\}$$

Pro vrcholový oblouk podle obr. 5c platí tyto vztahy:

$$\text{zdvih } h = d \cdot \cos \omega t + \sqrt{(\varrho_2 + r)^2 - d^2} \cdot \sin^2 \omega t - (R+r),$$

$$\text{rychlost } v = -\omega d \left[\sin \omega t + \frac{d \cdot \sin 2\omega t}{2 \sqrt{(\varrho_2 + r)^2 - d^2} \cdot \sin^2 \omega t} \right],$$

$$\text{zrychlení } a = -\omega^2 d \left\{ \cos \omega t + \frac{d \cdot \cos 2\omega t}{\sqrt{(\varrho_2 + r)^2 - d^2} \cdot \sin^2 \omega t} + \frac{d^3 \cdot \sin^2 (2\omega t)}{4 \left[\sqrt{(\varrho_2 + r)^2 - d^2} \cdot \sin^2 \omega t \right]^3} \right\}$$

3.2.2. Kinematická analýza lisovacího pohybu

Vzhledem k tomu, že pro lisovací pohyb je použito vačky, jejíž ekvidistantu ve vzdálenosti poloměru kladičky od jejího obrysu je možno nahradit kruhovými oblouky, použil jsem při řešení kinematických poměrů při lisování metody náhradního klikového mechanismu. Tyto údaje obsažené v tabulce 1 jsou platné pouze tehdy, nedochází-li k propnutí lisovacích pružin. Metoda náhradního klikového mechanismu je vhodná pro řešení s boken tvořeným oblouky, s centrickým posuvným zdvihátkem a kladičkou. Podle obr. 4a touto metodou získáme kinematické poměry na zdvihátku v diskrétních bodech v závislosti na úhlu pootočení. Řešená lisovací vačka je složena ze tří kruhových oblouků, které jsou nahrazeny třemi náhradními klikovými mechanismy, realizujícími zdvihovou závislost odpovídající příslušnému kruhovému oblouku.

Vzhledem k tomu, že úhel pootočení vačky při lisování se rovná 200° (v této poloze se beran zastaví a dochází k ochladnutí výlisku), je lisovací vačka řešena ve stejném úhlu pootočení.

3.2.2.1. Řešení vaček metodou náhradních klikových mechanismů

Chceme-li rychlost a zrychlení zdvihátka vyjádřit v závislosti na úhlu pootočení a zároveň požadujeme-li zrychlení v jednotkách SI, můžeme psát: $v = \frac{dh}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{dh}{d\varphi} \cdot \omega$, kde ω je úhlová rychlost rovnající se $2\pi \cdot n$ = konstanta

Pro zrychlení platí $\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt}$ a po dosazení do předchozího

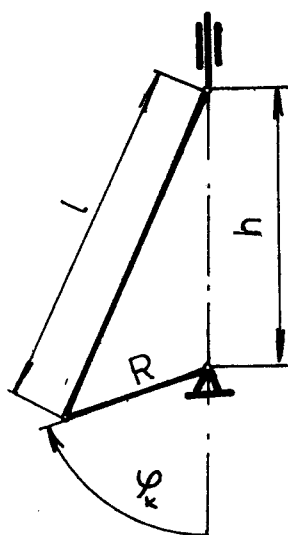
ho vztahu pro výpočet rychlosti dostaneme:

$$a = \left[\frac{d}{d\varphi} \cdot \left(\frac{dh}{d\varphi} \right) \cdot \omega + \frac{dh}{d\varphi} \cdot \frac{d\omega}{d\varphi} \right] \cdot \frac{d\varphi}{dt}, \text{ po dosazení dostaneme } a = \frac{d^2h}{d\varphi^2} \cdot \omega^2$$

Průběh zdvihu kladičky zdvihátka stávající lisovací vačky při pohybu beranu lisu z horní do dolní úvratí lze popsat následujícím způsobem:

1. úhel pootočení 0 až 5° - pohyb po konstantním poloměru
2. úhel pootočení 5 až 55° - nahrazení průběhu zdvihu
náhradním klikovým mechanismem (obr.6)
3. úhel pootočení 55 až 160° - nahrazení průběhu zdvihu
náhradním klikovým mechanismem (obr.7)
4. úhel pootočení 160 až 195° - nahrazení průběhu zdvihu
náhradním klikovým mechanismem (obr.8)
5. úhel pootočení 195 až 200° - pohyb po konstantním poloměru

3.2.2.2. Odvození funkční závislosti na úhlu pootočení 5 - 55°



$$\varphi = 0 - 50^{\circ}$$

$$R = 71 \text{ mm}$$

$$l = 152,5 \text{ mm}$$

Obr.čís. 6

Náhradní klikový mechanismus pro úhel pootočení (ad 2)

Délka kliky R odpovídá excentricitě kruhového oblouku a délka ojnice l je rovná součtu poloměru kruhového oblouku a poloměru kladičky. Úhel φ je úhel pootočení kliky.

Z obr.6 můžeme odvodit pro zdvih h použitím kosinové věty $l^2 = R^2 + x^2 - 2Rx \cdot \cos(\pi - \varphi)$

a dosazením za $\cos(\pi - \varphi)$ výraz $-\cos \varphi$

$$\text{vztah: } h = -R\cos\varphi + \sqrt{l^2 - R^2\sin^2\varphi}$$

Postupnou derivací tohoto vztahu podle úhlu pootočení kliky a času dostaneme rovnice pro výpočet rychlosti:

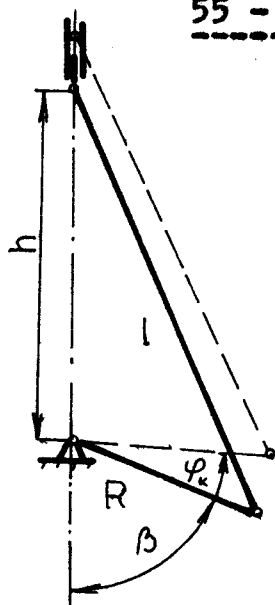
$$v = \frac{dh}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \left(R\sin\varphi - \frac{1}{2} \cdot \frac{R^2 \sin 2\varphi}{\sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 \varphi}} \right) \omega$$

a pro zrychlení

$$a = \frac{d^2h}{d\varphi^2} \omega^2 = \left\{ R\cos\varphi - \frac{R^2}{4} \cdot \frac{4\cos 2\varphi (l^2 - R^2 \sin^2 \varphi) + R^2 \sin^2 2\varphi}{[l^2 - R^2 \sin^2 \varphi]^3} \right\} \omega^2$$

3.2.2.3. Odvození funkční závislosti pro úhly pootočení

55 - 160°



$$\varphi = 0 - 105^\circ$$

$$R = 44 \text{ mm}$$

$$l = 118,5 \text{ mm}$$

$$\beta = 71^\circ$$

Obr.čís. 7

Náhradní klikový mechanismus pro úhel pootočení 55 - 160°

Z obr.7 můžeme psát pro h použitím kosinové věty

$$l^2 = R^2 + h^2 - 2R \cdot h \cos (\pi - \varphi_k - \beta)$$

a dosazením za $\cos (\pi - \varphi_k - \beta)$ výraz $-\cos(\varphi_k + \beta)$

$$\text{vztah: } h = -R \cos(\varphi_k + \beta) + \sqrt{R^2 \cos^2(\varphi_k + \beta) + l^2 - R^2}$$

$$\text{úpravou } h = -R \cos(\varphi_k + \beta) + \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2(\varphi_k + \beta)}$$

Postupnou derivací tohoto vztahu podle úhlu pootočení kliky a času dostaneme rovnici pro výpočet rychlosti:

$$v = \left[R \sin(\varphi_k + \beta) - \frac{1}{2} \frac{R^2 \sin 2(\varphi_k + \beta)}{\sqrt{l^2 - R^2 \sin^2(\varphi_k + \beta)}} \right] \omega$$

a pro zrychlení:

$$a = \left\{ R \cos(\varphi_k + \beta) - \frac{R^2 4 \cos[1^2 - R^2 \sin^2(\varphi_k + \beta)] + R^2 \sin^2 2(\varphi_k + \beta)}{4 [\sqrt{l^2 - R^2 \sin^2(\varphi_k + \beta)}]^3} \right\} \omega^2$$

3.2.2.4. Odvození funkční závislosti pro úhel pootočení 160--125°

Z obr.8 je zřejmé, že pro celkový zdvih h platí:

$$h = h_1 + h_2$$

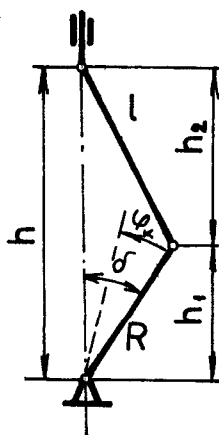
$$h_1 = R \cos (\delta - \varphi_k)$$

$$h_2 = \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 (\delta - \varphi_k)}$$

$$h = R \cos (\delta - \varphi_k) + \sqrt{l^2 - R^2 \sin^2 (\delta - \varphi_k)}$$

Postupným derivováním tohoto vztahu podle úhlu pootočení kliky a času dostaneme rovnice pro výpočet rychlosti:

$$v = \left[R \sin(\delta - \varphi_k) + \frac{1}{2} \cdot \frac{R^2 \sin 2(\delta - \varphi_k)}{\sqrt{1^2 - R^2 \sin^2(\delta - \varphi_k)}} \right] \cdot \omega$$



$$R = 9 \text{ mm}$$

$$l = 156 \text{ mm}$$

$$\varphi_k = 0 - 35^\circ$$

$$\delta = 35^\circ$$

Obr. čís. 8

Náhradní klikový mechanismus pro úhel pootočení $160 - 195^\circ$

Derivací rychlosti podle času dostaneme vztah pro zrychlení:

$$a = \left\{ -R \cos(\delta - \varphi_k) - R^2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{4 \cos 2(\delta - \varphi_k) [1^2 - R^2 \sin^2(\delta - \varphi_k)] + R^2 \sin^2 2(\delta - \varphi_k)}{[1^2 - R^2 \sin^2(\delta - \varphi_k)]^3} \right\} \omega^2$$

Do vztahů pro rychlost a zrychlení byly dosazovány hodnoty úhlové rychlosti vypočítané ze vzorce:

$$\omega = 2\pi n, \text{ velikost otáček } n = 0,75 \text{ s}^{-1}$$

po dosazení do vzorce pro úhlovou rychlost dostaneme hodnotu:

$$\omega = 4,712 \text{ s}^{-1}$$

3.2.2.5. Hodnocení analýzy lisovacího pohybu

Bok vačky je složen z kruhových oblouků. Tyto vačky vykazují vznik rázů v průběhu zrychlení při přechodu z jednoho poloměru na druhý, a to i v tom případě, že je splněna podmínka společné tečny v přechodovém bodě. Nemí-li tato podmínka splněna, vzniká pak navíc nespojitost i v průběhu rychlosti. Další rázy, které jsou analytickou cestou nevyjádřitelné, jsou rázy vzniklé zabrušováním jednotlivých kruhových oblou-

ků, aby se zabránilo nespojitému zdvihu.

Hodnoty zdvihu, rychlosti a zrychlení zdvihátka jsou uvedeny v tabulce 1 a znázornění průběhu kinematických veličin při lisovacím pohybu v závislosti na úhlu pootočení je na obr.9.

Rázy v průběhu zrychlení při přechodu z jednoho polo-
měru na druhý jsou vlivem nízkých otáček vačkového hřídele
poměrně malé. Maximální hodnoty nabývá skoková změna zrych-
lení na úhlu pootočení 160° , a to $1,184 \text{ ms}^{-2}$.

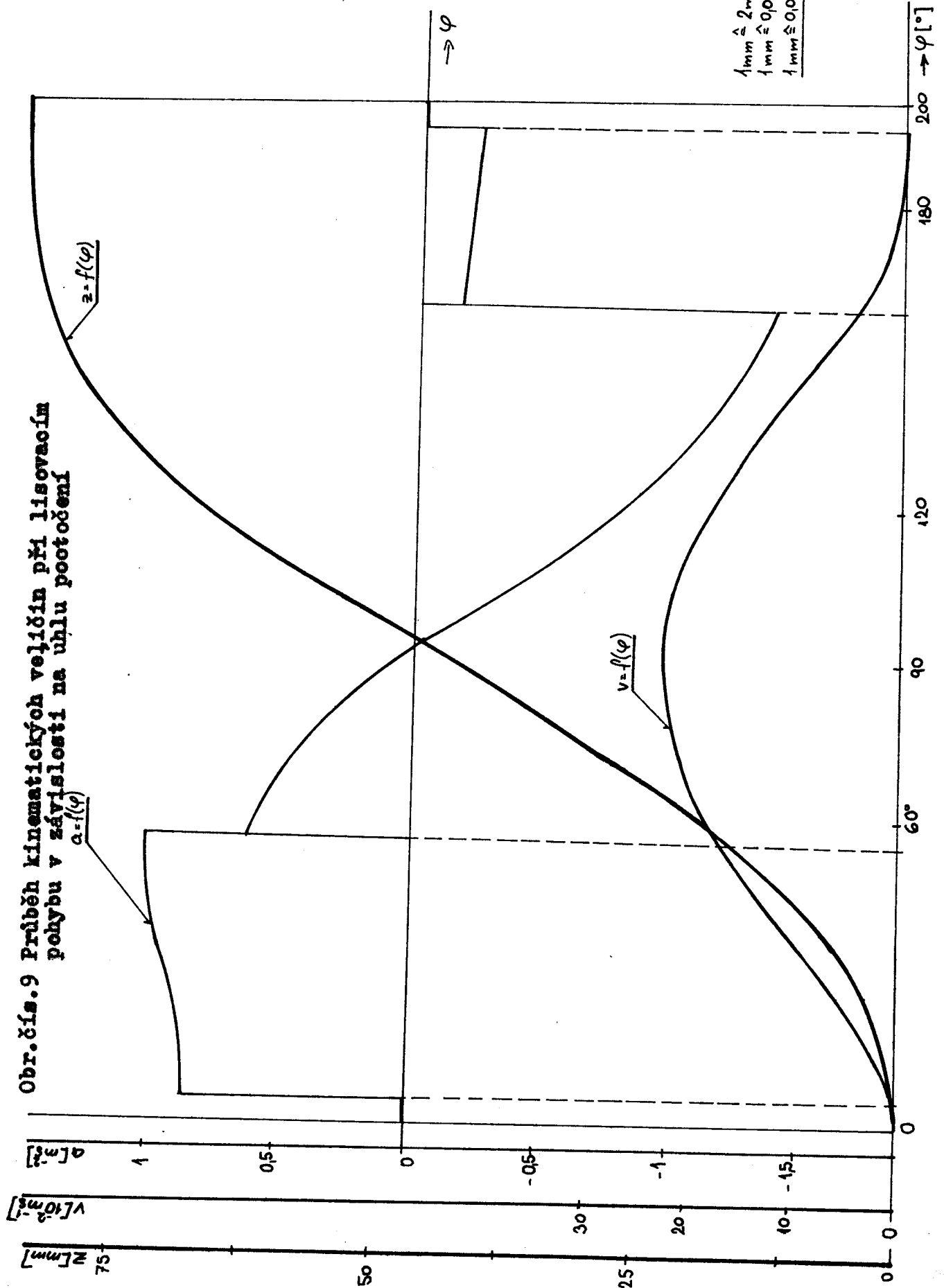
Tabulka čís. 1

Průběh kinematických veličin v závislosti na úhlu pootočení

úhel pootočení	zdvih z mm	rychlost-1 $\frac{v}{ms}$	zrychlení a ms^{-2}
0	0	0	0
5	0	0	0,843
10	0,14	0,016	0,846
15	0,58	0,031	0,856
20	1,31	0,047	0,873
25	2,34	0,064	0,895
30	3,67	0,081	0,923
35	5,32	0,098	0,956
40	7,30	0,116	0,992
45	9,62	0,135	1,030
50	12,29	0,154	1,068
55	15,33	0,173	1,103 0,627
60	18,62	0,184	0,586
65	22,12	0,194	0,531
70	25,81	0,203	0,463
75	29,65	0,211	0,381
80	33,62	0,217	0,285
85	37,68	0,222	0,177
90	41,81	0,224	0,059
95	45,96	0,224	- 0,075
100	50,08	0,221	- 0,201
105	54,14	0,216	- 0,338

úhel pootočení	zdvih z mm	rychlost v ms ⁻¹	zrychlení a ms ⁻²
110	58,08	0,209	- 0,475
115	61,86	0,199	- 0,609
120	65,43	0,186	- 0,739
125	68,74	0,171	- 0,861
130	71,76	0,154	- 0,973
135	74,45	0,136	- 1,073
140	76,77	0,115	- 1,160
145	78,69	0,093	- 1,233
150	89,19	0,082	- 1,289
155	81,25	0,068	- 1,329
160	81,90	0,025	- 1,352
			- 0,168
165	82,23	0,022	- 0,179
170	82,60	0,019	- 0,189
175	82,93	0,015	- 0,197
180	83,18	0,012	- 0,203
185	83,36	0,008	- 0,206
190	83,47	0,004	- 0,209
195	83,50	0	- 0,211
200	83,50	0	0

Obr. čis. 9 Průběh kinematických veličin při lisovacím pohybu v závislosti na úhlu pootočení



4.0. ALTERNATIVNÍ NÁVRHY ŘEŠENÍ PÍCHACÍHO MECHANISMU

Při řešení této práce jsem vycházel z následujících požadavků:

1. Aby řešení bylo pokud možno nejjednodušší, což by vedlo k vyšší spolehlivosti zařízení. S tímto bodem se také pojí požadavek minimálních zásahů do osvědčené konstrukce stávajícího mačkadla.
2. Snadná montáž a demontáž, snadná výměna forem a jehel, co nejjednodušší seřízení.
3. Splnění technologických požadavků, aby řešení bylo výhodnější než stávající mačkání do kleští.

Základní alternativní řešení vycházejí ze dvou hlavních principů:

1. K propichování otvorů využít lisovacího pohybu. Výhodou tohoto řešení jsou minimální finanční náklady a jednoduchá konstrukce, nevýhodou pak skutečnost, že se jedná o odvozený pohyb.
2. Pro píchání otvorů využít nezávislého zdroje, v našem případě by bylo nejúčelnější využití energie stlačeného vzduchu. Výhodou tohoto principu je libovolné seřízení technologických podmínek, nevýhodou možnost zvýšené poruchovosti, zvýšení provozních a pořizovacích nákladů a v neposlední řadě také další podstatné zhoršení pracovních podmínek s nárůstem intenzity hluku.

4.1.0. Rozbor variant řešení

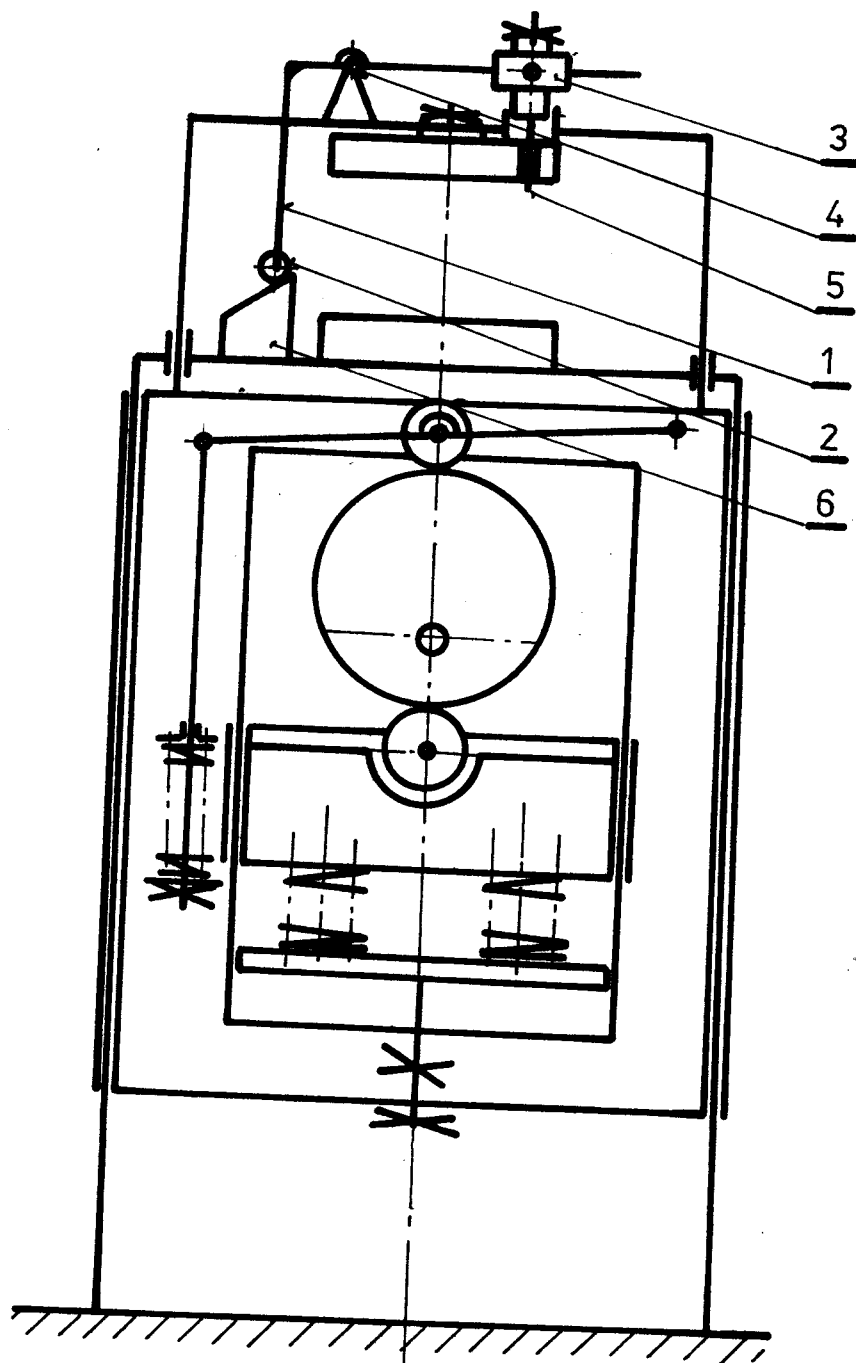
4.1.1. Varianta čísl. 1 (obr. 10)

V podstatě se jedná o kulisový mechanismus. Při lisovacím pohybu beranu lisu se po určité době dotkne kladička (pozice 2) nakloněné roviny (pozice 6). Kladička je připevněna na dvouramenné páce, otočné kolem čepu 4. Na druhém konci uvedené páky se nachází kulisa s jehlou a kamenem. Pootočení ramene páky vlivem pohybu kladičky po nakloněné rovině způsobí pootočení druhého ramene o úhel odpovídající převodu páky, což má za následek změnu polohy jehly oproti formě.

Výhodou tohoto řešení je snadná montáž a zanedbatelné finanční náklady. Okamžik vpichu i rychlost vpichu se dají měnit obrysem a polohou nakloněné roviny. Nevýhodou je obtížné nastavení polohy jehly v horizontální rovině.

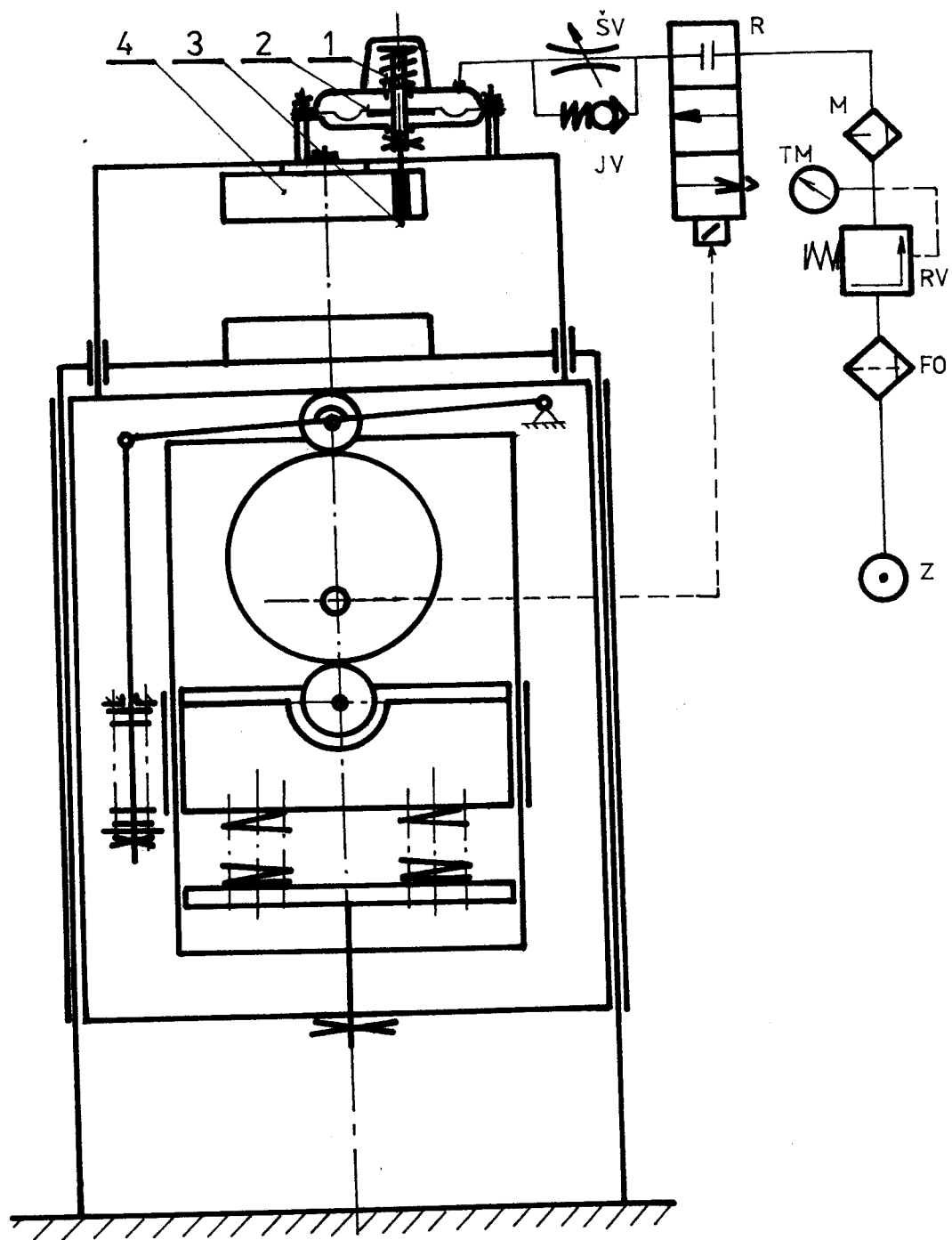
4.1.2. Varianta čísl. 2 (obr. 11)

Tato varianta využívá nezávislého zdroje pohybu lisovací jehly, k propichování otvoru je použito pneumatické energie. U této varianty jsou v podstatě možné dva přístupy, a to přímé pneumatické píchání, či nepřímé (např. se užívá u BT hlaviček). U přímého píchání je možno využít buď membránového (řešení a) nebo pístového pohonu, který proti membránovému umožňuje větší přestavné síly a větší pracovní zdvihy (řešení b). Princip těchto dvou řešení přímého pneumatického píchání je obdobný - tlak přiváděný z pneumatického zesilovače nad membránu (píst) je vyvažován působením pružiny. Neuvažujeme-li tření, můžeme pro zdvih jehly psát vztah $y = \frac{S}{c} \cdot p$, přičemž S je plocha pístu (membrány), c je tuhost pružiny a p je přiváděný tlak.



Obr. čís. 10
Varianta čís. 1

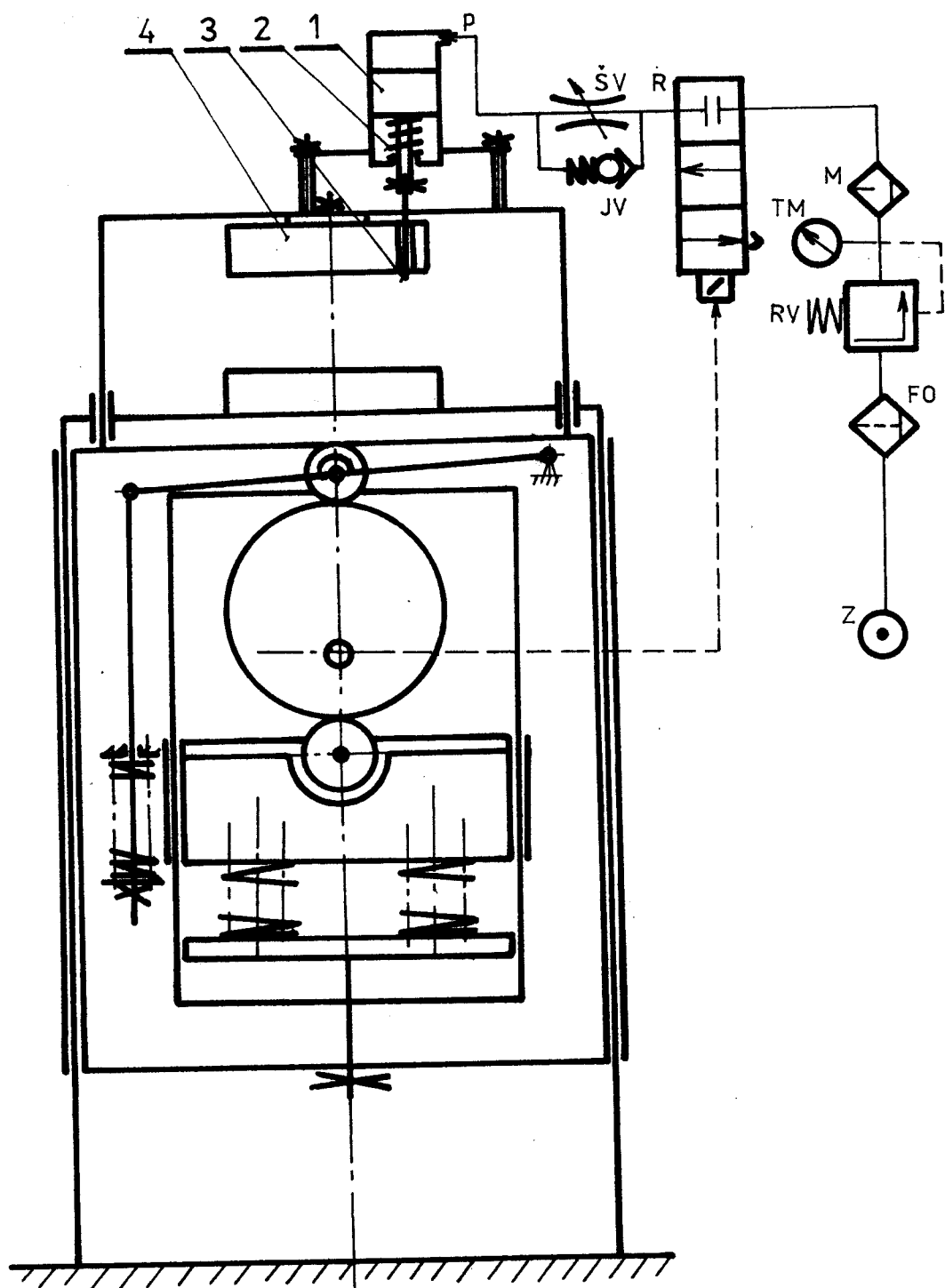
1. dvouramenná páka
2. kladička
3. kulisa + kámen
4. čep
5. jehla
6. nakloněná rovina



Obr. čís. 11a

Varianta čís. 2

- 1. pružina
- 2. membrána
- 3. jehla
- 4. forma



Obr.čís. 11b
Varianta čís.2

1. píst
2. pružina
3. jehla
4. forma

- ŠV - škrticí ventil
 JV - jednosměrný ventil
 RV - redukční ventil
 R - rozdělovač
 M - maznice
 TM - manometr
 FO - filtr s odlučovačem
 Z - zdroj tlakového vzduchu

Výhodou této varianty je splnění technologických požadavků, nevýhodou větší rozměry, vyšší pořizovací náklady a v neposlední řadě značný nárůst hluku. Obtížně se také seřizuje poloha jehly v horizontální rovině.

4.1.3. Varianta čís. 3 (obr.12)

Při pohybu beranu lisu směrem dolů bude docházet k lisování. Po překonání předpětí propichovacích pružin se začnou vysouvat jehly, až nakonec dojde k jejich úplnému vysunutí. Hloubku vpichu jehel je možno měnit vymezovacím šroubem 2. Při úplném vysunutí jehel dojde k propnutí lisovacích pružin a tím k případnému dolisování výlisku.

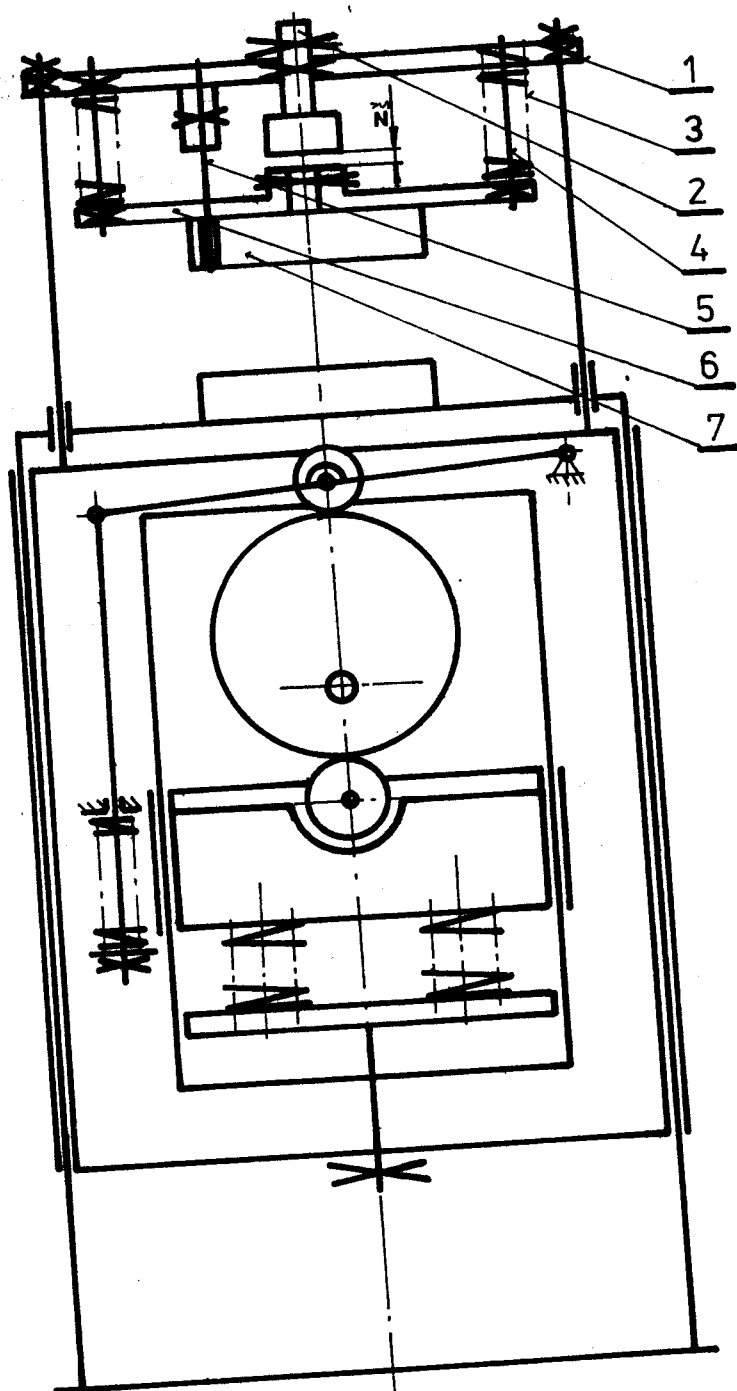
4.2.0. Shrnutí variant

Při bližším rozboru návrhu řešení jsem došel k závěru, že nejvhodnější variantou řešení je varianta čís.3, a to především z těchto důvodů:

1. Jednoduchá konstrukce
2. Nižší výrobní náklady
3. Minimum zásahů do konstrukce lisu
4. Nedojde ke zvýšení provozních nákladů
5. Tato varianta je v souladu s výrobními požadavky, neboť umožňuje výrobu ověsků požadovaného velikostního sortimentu do velikosti 3,5".
6. Možnost výroby dvou kusů současně při výrobě lustrových ověsků do velikostního sortimentu 2".

4.3.0. Rozpracování varianty čís. 3

Ze strany technologů byly vzneseny na výrobu tyto hlav-



Obr.čís. 12

Varianta čís. 3

1. deska
2. regulační šroub - vymezovací
3. pružiny
4. čep
5. jehla s úpinkou
6. držák formy (deska k přichycení formy)
7. forma

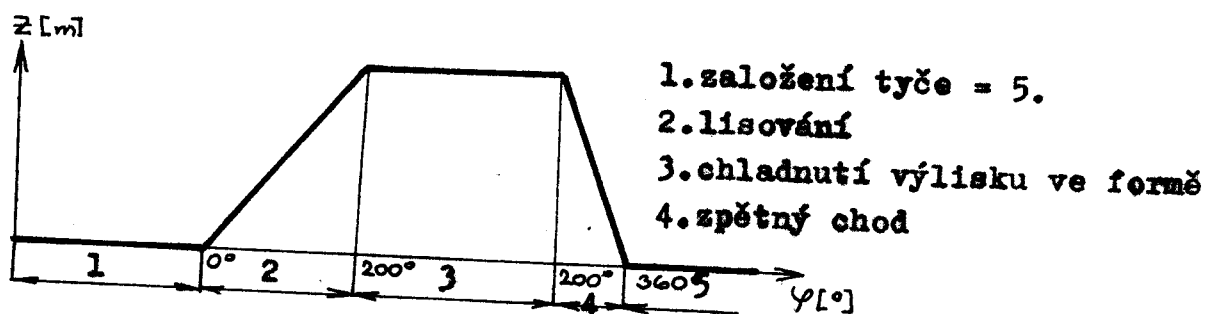
z_k - délka vpichu
jehly

ní požadavky:

- Píchnací mechanismus musí umožňovat výrobu lustrových ověsů ve všech velikostech do 3,5".
- Otvory mají být propíchnovány do t.zv. píclíku. Tímto způsobem nedochází k úplnému propíchnutí otvoru. Sklovina je vtlačena do vybrání ve formě (píclíku) a vzniklé převýšení se při dalším zpracovávání výlisku obrousí. Propíchnování u tohoto způsobu možno rozdělit do dvou fází - překonání povrchového napětí skloviny a vytlačování objemu skloviny objemem jehly. Výhodou tohoto způsobu je vyšší životnost jehly.
- Jehly nemají být ve sklovině po celou dobu lisování a chlazení výlisku ve formě.
- Možnost změny okamžiku vpichu.

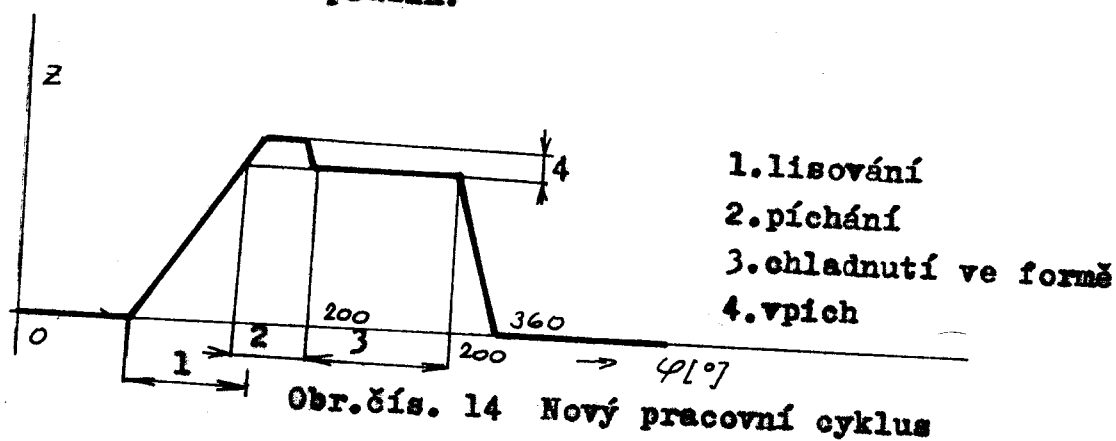
4.3.1. Změna pracovního cyklu mačkadla

Vzhledem k tomu, že pobyt jehly ve sklovině má být kratší než doba pobytu výlisku ve formě, je nutno při využití varianty propíchnování otvorů pomocí pružin provést změnu pracovního cyklu mačkadla. V současné době se lis používá pro lisování nepíchaných předmětů do průměru 100 mm a tloušťky cca 2 mm. Současný pracovní cyklus lisu je zobrazen na obr. 13.

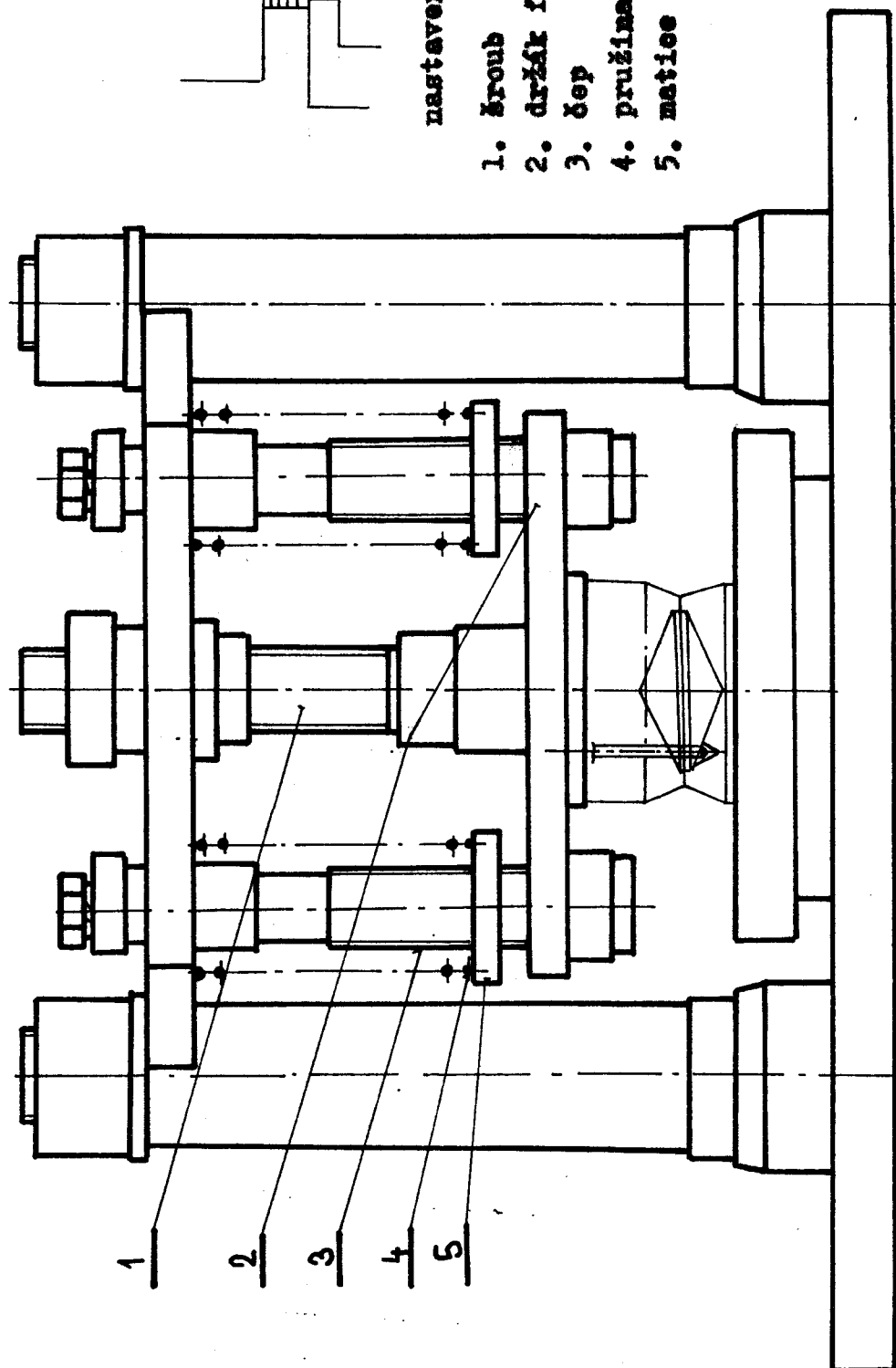


Obr. č. 13
Současný pracovní cyklus lisu

Změnu pracovního cyklu provedeme změnou obrysu vaček. Lisovací cyklus je schematicky znázorněn na obr.14. Součet délky vzdálenosti mezi horní a dolní úvratí dráhy beranu lisu a velikosti vpichu jehly odpovídá maximálnímu zdvíhu vačky. Samotná velikost vpichu odpovídá vzdálenosti z_x mezi šroubem a držákem formy v nezátíženém stavu (neprobíhá lisování). Tuto vzdálenost (velikost vpichu) je možno měnit zdvihem regulačního šroubu (obr.15 pozice 2). Rozdíl mezi zdvihem vačky a dráhou beranu lisu odpovídá stlačení propichovacích pružin.



Lisovací vačka je navržena pro maximální délku vpichu 11 mm. Při dosednutí obou částí formy na sebe dochází k propružení lisovacích pružin - t.j. k růstu lisovací síly, kterou je možno využít k případnému dolisování výlisku. Princip změny pracovního cyklu spočívá v tom, že k zastavení nedochází při maximálním zdvíhu vačky, ale na zdvíhu, který je nižší o maximální délku vpichu jehly - při zastavení beranu jsou obě části formy v poloze odpovídající lisování (držák horní formy je přitlačován pružinami k výlisku). V této poloze dochází k chlazení výlisku ve formě, ale jehly jsou již mimo sklovinu.



nastavení délky vpichu

1. šroub
2. držák formy
3. čep
4. pružina
5. matice

Obr.čís. 15
Píchnací mechanismus

4.3.2. Návrh nových vaček

Při konzultaci s technologem jsem byl informován, že pro kvalitní slisování výrobku požadovaného sortimentu stačí doba asi 0,1 s, z čehož jsem vycházel při novém návrhu vaček. Doba lisování na stávajícím mačkadle je asi 0,3 až 0,35 s.

V praxi se volí pro pomalý pohyb vačky jen s ohledem na průběh zdvihu, dále se běžně používají buď mocninové nebo trigonometrické vačky. Po rozboru všech těchto vaček jsem dospěl k závěru, že nejvhodnější by byla vačka se sinusovým průběhem zrychlení. Průběh zdvihu nejvíce vyhovuje mým představám. Při pohybu z herní úvrati bude mít lisovací vačka tyto charakteristiky:

Poloměr základní kružnice vačky $r_2 = 45 \text{ mm}$

Poloměr kladíčky lisovací vačky $r_k = 40 \text{ mm}$

Charakteristiky pohybu zdvihátka:

1. Úhel pootočení $0 - 5^\circ$ - pohyb po základním poloměru
2. Úhel pootočení $5 - 160^\circ$ - zdvihátka se pohybuje se sinusovým průběhem zrychlení s úhlem boku 155° a zdvihem $z = 80 \text{ mm}$
3. Úhel $160 - 165^\circ$ - pohyb zdvihátka po kružnici se středem v ose otáčení vačky.
4. Úhel $165 - 195^\circ$ - pohyb zdvihátka se sinusovým zrychlením z maximálního poloměru na zdvih zastavení - úhel boku 30° , zdvih $z = 11 \text{ mm}$.
5. Úhel $195 - 200^\circ$ - pohyb zdvihátka po kružnici se středem v ose otáčení vačky. Na úhlu 200° dojde k vypnutí spojky a zastavení pohybu vačky.
6. Úhel $200 - 210^\circ$ - pohyb jako v bodě 5.

7. Úhel pootočení $210 - 355^\circ$ - návrat na základní kružnici.

Sinusový průběh zdvihátka s úhlem boku 145° , zdvih $z = 69$ mm.

Vzhledem k tomu, že vzdálenost lisovací a zvedací kladičky by měla být při volném pohybu beranu konstantní, má zdvihací vačka podobný průběh.

Charakteristiky zdvihací vačky:

Poloměr základní kružnice $r_z = 45$ mm

Poloměr kladičky $r_k = 30$ mm

Charakteristiky pohybu zdvihátka:

- 1/ Úhel pootočení $345 - 22^\circ$ - pohyb zdvihátka po boku tvořeném sinusovým průběhem - úhel boku 37° , zdvih $z = 11$ mm
- 2/ Úhel $22 - 30^\circ$ - pohyb po konstantním poloměru
- 3/ Úhel $30 - 175^\circ$ - pohyb zdvihátka se sinusovým průběhem zrychlení, úhel boku 145° , zdvih 69 mm
- 4/ Úhel $175 - 185^\circ$ - pohyb po konstantním poloměru
- 5/ Úhel $185 - 340^\circ$ - pohyb se sinusovým průběhem zrychlení, úhel boku 155° , zdvih $z = 80$ mm
- 6/ Úhel $340 - 345^\circ$ - pohyb po konstantním poloměru

Při výrobě bude použito souřadnicového způsobu výroby. V případě, že poloměr kladičky není shodný s poloměrem výrobního nástroje, je nutné provést transformaci polárních souřadnic ekvidistanty středu kladičky na ekvidistantu středu nástroje.

Proto je výhodné pro výrobu použít nástroje, který má stejný poloměr jako kladička. V tom případě se polární souřadnice středu nástroje rovnají polárním souřadnicím kladičky. Předpokládám použití stejných poloměrů kladičky i frézy:

1. Pro výrobu lisovací vačky bych použil frézy 40x125
ČSN 22 2114

2. Pro výrobu zdvihací vačky bych použil frézy 30x125
ČSN 22 2114

Charakteristiky sinusové zdvihové závislosti:

1. Zdvihová závislost $y = \frac{z}{\pi} \left(\frac{\pi}{\alpha} \varphi - \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{\alpha} \varphi \right)$

2. Rychlost zvedáku $v = \frac{dy}{dt} = \frac{z\omega}{\alpha} \left(1 - \cos \frac{2\pi}{\alpha} \varphi \right)$

3. Zrychlení zvedáku $a = \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{2\pi z\omega^2}{\alpha^2} \sin \frac{2\pi}{\alpha} \varphi$

Polární souřadnice výrobního nástroje r_n a jsou uvedeny
v tabulkách 2 (pro lisovací vačku) a 3 (pro zvedací).

4.3.3. Regulace okamžiku vpichu

Vzhledem k tomu, že jedním z požadavků technologů je, aby bylo možno měnit okamžik vpichu, je nutné seřizovat předpětí pružiny, které je provedeno pomocí matice (obr.15 pozice 5). Velikost předpětí píchacích pružin závisí do značné míry na hodnotě potřebné lisovací síly. Výpočet této síly je ovšem velmi náročný, neboť neexistují žádné přesné vztahy pro určení této síly. Byly sice prováděny určité experimenty, na jejichž základě byly stanoveny teoretické vzorce. Udává se teoretický vztah pro lisování plochého výlisku bez kroužků a druhým zjednodušujícím předpokladem je, že se jedná o izotermní lisování, t.j., že teplota skloviny i formy jsou stejné a během lisování se nemění. Za těchto předpokladů byl určen vztah
$$F = \frac{3 \cdot v^2 \cdot \eta}{s^4 \cdot 8 \cdot \pi \cdot T}$$

Z teorie technologie skla víme, že interval zpracování skloviny se pohybuje mezi 10^2 až 10^6 Pas. Udává se, že při strojním lisování je viskozita teplotně homogenní kapky skloviny zhruba $10^{2,5}$ až $10^{2,8}$ Pas. Vyjdeme-li z předpokladu, že teplota tyče ve vnitřních vrstvách odpovídá asi viskozitě $10^{3,1}$ Pas, minimální doba lisování z tyče Super (které jsou používány na daném mačkadle) je asi 0,18 s (u této doby by podle vyjádření technologa nemělo docházet k propadávání ploch výlisku, neboť vnitřek tyče při vkládání mezi kaplíky je chladnější než její povrch a tím síly, které vznikají při smršťování skla nenabývají takových hodnot jako při lisování z kapky skloviny). Viskozita $10^{3,1}$ Pas byla navržena také proto, že byly zjištěny průměrné viskozity ručně lisovaných výrobků při vyjmutí z formy, které odpovídaly 4 až 5,6 dPas.

Použijeme-li vzorec $F = \frac{3 \cdot v^2 \cdot m}{s^4 \cdot 8 \cdot \pi \cdot \tau}$ pro výpočet pendle veli-

kosti 3,5" o tloušťce 9 mm, kterou je možno považovat za plo-
chý výlisek, dostaneme sílu odpovídající asi 100 N. Na zákla-
dě tohoto zjištění navrhuji použít pružiny, u které je F_9
asi 300 N, t.j., že předpětí propíchovacích pružin je možno
libovolně nastavovat téměř až do této hodnoty.

4.3.4. Popis uchyzení jehly

Upevnění jehly je zřejmé z výkresu 1 - DP 082/85 0400.
Jehla označená pozicí 21 je upevněna v kleštince, která se
běžně používá na Maturově mačkadle. Pouzdro kleštinky má
funkci saní, které jsou suvné ve vedení v tělese svařence 1.
Posuv tělesa saní (15) s jehlou a zajištění v určité horizon-
tální poloze je uskutečněno pomocí šroubu 17, jištěného dvě-
ma maticemi 18. Ve vertikální rovině se jehla seřizuje vizu-
álně na spodní hranu horního kaplíku. Výměna jehly se prová-
dí povolením matice 31. Postup výměny jehly je zřejmý z výkre-
su.

4.3.5. Návrh prepíchevacích pružin

Materiál: 12 090 - $\tau_0 = 670 \text{ N}$

$d = 2,8 \text{ mm}$, $D = 38 \text{ mm}$

$D/d > 10$ - $\varphi_w = 1$

$$F_9 = \frac{\pi d^3 \tau_0}{8D\varphi} = 152 \text{ N}$$

$$\text{Stlačení pružiny } y = \frac{8D^3 \cdot F \cdot n_i}{G \cdot d^4 \cdot \varphi_w} = 65 \text{ mm}$$

$G = 83000 \text{ MPa}$ - modul pružnosti ve smyku

Volná délka pružiny $y_0 = y + n_c d + (n_c - 1) \cdot v_2 = 87,6 \text{ mm}$

Počet činných závitů: 5

Celkový počet závitů: $n_c = 7$

4.3.6. Kontrola vymezovacího šroubu (pozice 3 - 1-DP 082/85 0400)

Vzhledem k tomu, že se vymezovací šroub nastavuje na delší dobu, vzdálenost mezi držákem formy se mění jen se změnou výlisku, je možno použít metrického závitu.

Materiál: 11 371 - střídavé zatížení - $\sigma_{bd} = 600 \text{ MPa}$

Maximální zatížení při lisování $F = 7000 \text{ N}$

Volen šroub M20x2 - $S = 240 \text{ mm}^2$

$$\sigma = \frac{F}{S} = 28,6 \text{ MPa} \quad k = \frac{\sigma_0}{\sigma} = 21$$

Počet závitů matice: $i = \frac{H}{H_2} = 17$

$H = 34 \text{ mm}$

$$p = \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot (d^2 - D_1^2) \cdot i} = 6,9 \text{ MPa}$$

$$p_D = 80 \text{ MPa} \rightarrow k = 80/6,9 = 11,6$$

Koeficienty bezpečnosti značně vysoké - šroub vyhovuje.

5. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Výhodou navrženého způsobu výroby pícháných předmětů je možnost produkce dvou kusů do velikosti 2". Z této skutečnosti vychází také můj ekonomický rozbor.

Při výrobě pícháných předmětů do velikosti 2" fakticky dochází k úspoře jedné pracovní síly domácího mačkáře, protože tyto velikosti se vyrábějí mačkáním do kleští pouze po jednom kuse. Za předpokladu roční výroby po dvou kusech dojde k úspoře těchto nákladů:

plat v 7. platové třídě - Kčs 10,90 na hodinu

35 - 40% prémie - podle druhu obtížnosti

příplatek za prostředí Kčs 1,-/hod.

pitné Kčs 1,50/den

režie 48 - 54% z hrubého základu

Pracovní doba 8,5 hod./den

základní mzda za rok Kčs 24.089,-

prémie 35% Kčs 8.431,-

240 pracovních dnů - 48% režie Kčs 10.673,-

příplatek za prostředí Kčs 2.040,-

pitné Kčs 360,-

C e l k e m : Kčs 45.593,-

=====

Odhadnuté jednorázové náklady na úpravu mačkadla Kčs 18.000,-

Zvýšené náklady na výrobu forem cca Kčs 20.000,-

$$\text{Doba návratnosti} = \frac{\text{jednorázové investiční náklady}}{\text{průměrná roční úspora nákladů na provoz}} =$$

$$= \frac{18.000}{25.593} = 0,7 \text{ roku, t.j. 8 měsíců, 12 dní}$$

6. ZÁVĚR

V současné době se ještě vyrábějí některé druhy lustrových ověsků mačkáním do kleští. Protože to je práce fyzicky velmi náročná, je třeba ji mechanizovat.

Úpravou mačkadla by kromě odstranění značné fyzické námahy mohlo dojít i k inovaci výrobků. Mačkání na mačkadle také lépe vyhovuje technologickým předpisům. Dobu vpichu lze regulovat od 0,3 do 0,4 s, což vede ke zvýšení trvanlivosti jehel.

Závěrem bych chtěl poděkovat s. Ing. Jaroslavu Noskovi, CSc., Ing. Karlu Staňkovi a technologům k.p. ŽBS, závod Smržovka za odborné vedení práce a připomínky.

7. POUŽITÁ LITERATURA

Černoch	Strojně technická příručka, SNTL 1977
Smrček	Strojní tvareování skla, SNTL 1981
Charvát	Mechanika II, skripta VŠST 1980
Bradský, Jách	Mechanika II, skripta VŠST 1983
ŽBS, k.p.	Dokumentace mačkadla

Tabulka č. 2 - výrobní souřadnice lisovací vačky

$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$	$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$	$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$	$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$	$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$
0	85,000	36	88,891	72	114,324	108	149,101	144	164,434
1	85,000	37	89,257	73	115,314	109	149,871	145	164,532
2	85,000	38	89,644	74	116,312	110	150,625	146	164,618
3	85,000	39	90,052	75	117,318	111	151,361	147	164,694
4	85,000	40	90,479	76	118,329	112	152,073	148	164,759
5	85,000	41	90,927	77	119,346	113	152,769	149	164,813
6	85,000	42	91,396	78	120,367	114	153,445	150	164,860
7	85,001	43	91,886	79	121,393	115	154,100	151	164,898
8	85,004	44	92,397	80	122,422	116	154,735	152	164,929
9	85,009	45	92,930	81	123,452	117	155,350	153	164,952
10	85,018	46	93,482	82	124,484	118	155,945	154	164,969
11	85,031	47	94,055	83	125,516	119	156,518	155	164,982
12	85,048	48	94,650	84	126,548	120	157,070	156	164,991
13	85,071	49	95,265	85	127,578	121	157,603	157	164,996
14	85,102	50	95,900	86	128,607	122	158,114	158	164,999
15	85,140	51	96,555	87	129,633	123	158,603	159	165,000
16	85,187	52	97,231	88	130,654	124	159,073	160	165,000
17	85,241	53	97,927	89	131,671	125	159,521	161	165,000
18	85,306	54	98,639	90	132,682	126	159,948	162	165,000
19	85,382	55	99,343	91	133,688	127	160,356	163	165,000
20	85,468	56	100,129	92	134,686	128	160,743	164	165,000
21	85,566	57	100,899	93	135,676	129	161,109	165	165,000
22	85,678	58	101,688	94	136,659	130	161,455	166	164,997
23	85,803	59	102,501	95	137,630	131	161,783	167	164,979
24	85,941	60	103,319	96	138,593	132	162,091	168	164,929
25	86,094	61	104,158	97	139,544	133	162,379	169	164,834
26	86,163	62	105,015	98	140,484	134	162,651	170	164,683
27	86,446	63	105,886	99	141,412	135	162,902	171	164,465
28	86,647	64	106,774	100	142,326	136	163,137	172	164,174
29	86,863	65	107,674	101	143,226	137	163,353	173	163,808
30	87,098	66	108,588	102	144,114	138	163,554	174	163,365
31	87,349	67	109,516	103	144,985	139	163,737	175	162,849
32	87,621	68	110,456	104	145,842	140	163,906	176	162,268
33	87,909	69	111,407	105	146,681	141	164,059	177	161,629
34	88,217	70	112,370	106	147,499	142	164,197	178	160,945
35	88,545	71	113,341	107	148,312	143	164,322	179	160,231

$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$	$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$	$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$	$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$	$\varphi_n[^\circ]$	$r_n[\text{mm}]$
180	159,500	216	153,968	252	144,656	288	114,290	324	89,053
181	158,769	217	153,949	253	144,053	289	113,355	325	88,694
182	158,055	218	153,925	254	143,430	290	112,424	326	88,356
183	157,371	219	153,893	255	142,788	291	111,501	327	88,037
184	156,732	220	153,852	256	142,127	292	110,585	328	87,737
185	156,151	221	153,804	257	141,446	293	109,678	329	87,456
186	155,635	222	153,746	258	140,748	294	108,780	330	87,194
187	155,192	223	153,678	259	140,030	295	107,891	331	86,950
188	154,826	224	153,599	260	139,297	296	107,012	332	86,724
189	154,535	225	153,507	261	138,545	297	106,145	333	86,515
190	154,317	226	153,404	262	137,778	298	105,290	334	86,323
191	154,166	227	153,288	263	136,993	299	104,448	335	86,148
192	154,071	228	153,157	264	136,194	300	103,619	336	85,987
193	154,021	229	153,013	265	135,381	301	102,806	337	85,843
194	154,003	230	152,852	266	134,552	302	102,007	338	85,712
195	154,000	231	152,677	267	133,710	303	101,222	339	85,596
196	154,000	232	152,485	268	132,855	304	100,455	340	85,493
197	154,000	233	152,276	269	131,988	305	99,703	341	85,401
198	154,000	234	152,050	270	131,109	306	98,970	342	85,322
199	154,000	235	151,806	271	130,220	307	98,252	343	85,254
200	154,000	236	151,544	272	129,322	308	97,554	344	85,196
201	154,000	237	151,263	273	128,415	309	96,873	345	85,148
202	154,000	238	150,963	274	127,499	310	96,212	346	85,107
203	154,000	239	150,644	275	126,536	311	95,570	347	85,075
204	154,000	240	150,306	276	125,645	312	94,947	348	85,051
205	154,000	241	149,947	277	124,710	313	94,344	349	85,032
206	154,000	242	149,568	278	123,768	314	93,761	350	85,018
207	154,000	243	149,170	279	122,825	315	93,197	351	85,010
208	154,000	244	148,751	280	121,877	316	92,655	352	85,004
209	154,000	245	148,310	281	120,931	317	92,132	353	85,000
210	154,000	246	147,851	282	119,976	318	91,631	354	85,000
211	154,000	247	147,369	283	119,024	319	91,149	355	85,000
212	153,999	248	146,868	284	118,069	320	90,690	356	85,000
213	153,996	249	146,345	285	117,153	321	90,249	357	85,000
214	153,990	250	145,803	286	116,175	322	89,830	358	85,000
215	153,982	251	145,239	287	115,232	323	89,432	359	85,000

Tabulka č. 3 - výrobní souřadnice zdvihačí vačky

$\varphi [^\circ]$	$r_n [\text{mm}]$	$\varphi [^\circ]$	$r_n [\text{mm}]$	$\varphi [^\circ]$	$r_n [\text{mm}]$	$\varphi [^\circ]$	$r_n [\text{mm}]$	$\varphi [^\circ]$	$r_n [\text{mm}]$
0	78,479	36	86,032	72	95,344	108	125,710	144	150,947
1	79,036	37	86,051	73	95,947	109	126,645	145	151,306
2	79,613	38	86,075	74	96,570	110	127,536	146	151,644
3	80,203	39	86,107	75	97,212	111	128,499	147	151,963
4	80,797	40	86,148	76	97,873	112	129,415	148	152,263
5	81,387	41	86,196	77	98,554	113	130,322	149	152,544
6	81,964	42	86,254	78	99,252	114	131,220	150	152,806
7	82,521	43	86,322	79	99,970	115	132,109	151	153,050
8	83,049	44	86,401	80	100,703	116	132,988	152	153,276
9	83,543	45	86,493	81	101,455	117	133,855	153	153,485
10	83,996	46	86,596	82	102,222	118	134,710	154	153,677
11	84,404	47	86,712	83	103,007	119	135,552	155	153,852
12	84,764	48	86,843	84	103,806	120	136,381	156	154,013
13	85,073	49	86,987	85	104,619	121	137,194	157	154,157
14	85,333	50	87,148	86	105,448	122	137,993	158	154,288
15	85,543	51	87,323	87	106,290	123	138,778	159	154,404
16	85,707	52	87,515	88	107,145	124	139,545	160	154,507
17	85,828	53	87,724	89	108,012	125	140,297	161	154,599
18	85,911	54	87,950	90	108,891	126	141,030	162	154,678
19	85,962	55	88,194	91	109,780	127	141,748	163	154,746
20	85,989	56	88,456	92	110,678	128	142,446	164	154,804
21	85,999	57	88,737	93	111,585	129	143,127	165	154,852
22	86,000	58	89,037	94	112,501	130	143,788	166	154,893
23	86,000	59	89,356	95	113,424	131	144,430	167	154,925
24	86,000	60	89,694	96	114,355	132	145,053	168	154,949
25	86,000	61	90,053	97	115,290	133	145,656	169	154,968
26	86,000	62	90,432	98	116,232	134	146,239	170	154,982
27	86,000	63	90,830	99	117,175	135	146,803	171	154,990
28	86,000	64	91,249	100	118,153	136	147,345	172	154,996
29	86,000	65	91,690	101	119,069	137	147,868	173	154,999
30	86,000	66	94,149	102	120,024	138	148,369	174	155,000
31	86,000	67	92,631	103	120,976	139	148,851	175	155,000
32	86,001	68	93,132	104	121,931	140	149,310	176	155,000
33	86,004	69	93,655	105	122,877	141	149,751	177	155,000
34	86,010	70	94,197	106	123,825	142	150,170	178	155,000
35	86,018	71	94,761	107	124,768	143	150,568	179	155,000

$\varphi [^\circ]$	$r_n [mm]$	$\varphi [^\circ]$	$r_n [mm]$	$\varphi [^\circ]$	$r_n [mm]$	$\varphi [^\circ]$	$r_n [mm]$	$\varphi [^\circ]$	$r_n [mm]$
180	155,000	216	151,109	252	125,676	288	90,899	324	75,566
181	155,000	217	150,743	253	124,686	289	90,129	325	75,468
182	155,000	218	150,356	254	123,688	290	89,343	326	75,382
183	155,000	219	149,948	255	122,682	291	88,639	327	75,306
184	155,000	220	149,521	256	121,671	292	87,927	328	75,241
185	155,000	221	149,073	257	120,654	293	87,231	329	75,187
186	155,000	222	148,603	258	119,633	294	86,555	330	75,140
187	154,999	223	148,114	259	118,607	295	85,900	331	75,102
188	154,996	224	147,603	260	117,578	296	85,265	332	75,071
189	154,991	225	147,070	261	116,548	297	84,650	333	75,048
190	154,982	226	146,518	262	115,516	298	84,055	334	75,031
191	154,969	227	145,945	263	114,484	299	83,482	335	75,018
192	154,952	228	145,350	264	113,452	300	82,930	336	75,009
193	154,929	229	144,735	265	112,422	301	82,397	337	75,004
194	154,898	230	144,100	266	111,393	302	81,886	338	75,001
195	154,860	231	143,445	267	110,367	303	81,396	339	75,000
196	154,813	232	142,769	268	109,346	304	80,927	340	75,000
197	154,759	233	142,073	269	108,329	305	80,479	341	75,000
198	154,694	234	141,361	270	107,318	306	80,052	342	75,000
199	154,618	235	140,625	271	106,312	307	79,644	343	75,000
200	154,532	236	139,871	272	105,314	308	79,257	344	75,000
201	154,434	237	139,101	273	104,324	309	78,891	345	75,000
202	154,322	238	138,312	274	103,341	310	78,545	346	75,001
203	154,197	239	137,499	275	102,370	311	78,217	347	75,011
204	154,059	240	136,681	276	101,407	312	77,909	348	75,038
205	153,906	241	135,842	277	100,456	313	77,621	349	75,089
206	153,737	242	134,985	278	99,516	314	77,349	350	75,172
207	153,554	243	134,114	279	98,588	315	77,098	351	75,293
208	153,353	244	133,226	280	97,674	316	76,863	352	75,457
209	153,137	245	132,326	281	96,774	317	76,647	353	75,667
210	152,902	246	131,412	282	95,886	318	76,446	354	75,927
211	152,651	247	130,484	283	95,015	319	76,163	355	76,236
212	152,379	248	129,544	284	94,158	320	76,094	356	76,596
213	152,091	249	128,593	285	93,319	321	75,941	357	77,004
214	151,783	250	127,630	286	92,501	322	75,803	358	77,457
215	151,455	251	126,659	287	91,688	323	75,678	359	77,951

Číslo kusů	Název - Rozměr	Polotovary	Mat. konečný	Mat. výchozí	Trída oso.	Č. hmoty	Hr. hmoty	Číslo výkresu	Pos.	
Poznámka				Celková čistá hmoty v kg						
Měřitko	Kreslil <i>Janek</i>		Č. snímku	Změna	Datum	Podpis	Index změny	x	x	
	Přezkoušel									x
	Norm. ref.									x
	Výr. projednal	Schválil								x
		Dne 20. 6. 1981								x
KSK VŠST		Typ	Skupina	Starý výkres		Nový výkres				
Název PÍCHACÍ MECHANISMUS				1-DP-082/85-0400						

RAM

BERAN

NAHON

PICHAU MECHANISMUS

I

2

3

4

[illegible]