

Vysoká škola: strojní a textilní

Katedra: sklářství a keramiky

Fakulta: strojní

Školní rok: 1975/76

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Miroslava Kalinu

obor 04-1-04 Zaměření na sklářské stroje a zařízení

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

Název tématu: Stanovení optimálních podmínek konstrukce
sklářské rotační formy

Pokyny pro vypracování:

V současné době se konstrukce forem provádí na základě provozních zkušeností a tvar kaplíků se koriguje podle kvality zhotovených výrobků. Navrhování tvarů forem se provádí bez jakýchkoliv teoretických podkladů.

Úkolem Vaší diplomové práce je vypracovat řešerši stávajících způsobů návrhů rotačních forem. Rešerši vypracujte se zaměřením na přesnost forem a tolerance vzhledem k požadovaným parametrům výlisků. Navrhněte způsob konstrukce forem pro dosažení optimální přesnosti výlisků.

*Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro učitel
včetně státní zkoušky č. j. 31 127/52-III/2 ze dne
1. února 1962-Vyšší škola sklářská, sešit 24 ze sboru
1962-1963 č. 15 a příloha učebnice č. 115/63-2.*

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
152 401 17

V 16/1976

Rozsah grafických laboratorních prací: **přibližně 40 stran textu doložených
příslušnými výpočty a výkresy**

Rozsah průvodní zprávy:

Seznam odborné literatury:

**Lochman M.: Měření teplot a lisovacích
sil při tvarování na rotačním mačkadle
R Z 120 (diplomová práce).**

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jaroslav B e l d a, CSc.

Konsultanti:

**Ing. Antonín Schäfer, Preciosa n. p.
Jablonec n. N.**

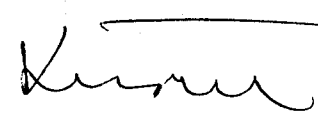
Ing. Antonín Havelka, VŠST Liberec

Datum zahájení diplomové práce: **15. 10. 1975**

Datum odevzdání diplomové práce: **31. 5. 1976**

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
fakulta strojního inženýrství
LIBEREC


Ing. Jaroslav Belda, CSc.
Vedoucí katedry


Doc. Ing. Oldřich Krejčíř, CSc.
Děkan

VŠST LIBEREC
Fakulta strojní.

Obor 23 - 34 - 8

Výrobní stroje a zařízení
zaměřeni

sklářské a keramické stroje.

Katedra sklářství a keramiky.

STANOVENÍ OPTIMÁLNÍCH PODMÍNEK KONSTRUKCE
SKLÁŘSKÉ POTAČNÍ FORMY.

Miroslav K A L I N A

DP - 265/76

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Belda, CSc. VŠST Liberec

Konzultanti: Ing. Antonín Schiffer, Preciosa n. p.

Jablonec n. H.

Ing. Antonín Havelka, VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh:

Počet stran 66

Počet příloh

a tabulek 6

Počet obrázků 23

Počet výkresů 2

Počet modelů 1

DT : 666.1.035

31. 5. 1976

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

V Liberci dne 30. 3. 1976

.....*Miroslav Kalina*.....

Obsah textové části:

1. Úvod	list č. 8
2. Stávající způsoby návrhů rotač. nástrojů..	list č. 8
Ocelové rotační nástroje.....	list č. 11
Rotační nástroje z tvrdokovu.....	list č. 13
3. Tvarování na rotačních mezkadlech.....	list č. 15
Geometrické řešení odvalování.....	list č. 16
Konstruktivní řešení odvalování pro různé profily výlišků.....	list č. 23
4. Odvalování ovlivněné lisování a pohybem skloviny.....	list č. 36
5. Skutečné výlišky.....	list č. 39
6. Modelování práce rotačních forem.....	list č. 46
Popis konstrukce.....	list č. 47
Popis funkce modelu.....	list č. 48
Zhodnocení výsledků modelování.....	list č. 52
7. Porovnání výsledků.....	list č. 53
8. Návrh nové konstrukce.....	list č. 59
9. Předběžné ekonomické zhodnocení nové konstrukce.....	list č. 60
10. Závěr.....	list č. 64
Použitá literatura.....	list č. 66

Seznam příloh:

1. příloha: Konstruktivní výkres rolny s 113 mm.
2. příloha: Výlisek špička s ploškou velikost ss 40.
Konstrukce spolusabírajících profilů poloviny výlisu se špičkou.
3. příloha: Výlisek špička s ploškou velikost ss 40.
Konstrukce spolusabírajících profilů poloviny výlisu s ploškou.
4. příloha: Výlisek pro šatony smírek ss 45.
Konstrukce spolusabírajících profilů poloviny výlisu se špičkou.
5. příloha: Výlisek pro šatony smírek ss 45.
Konstrukce spolusabírajících profilů poloviny výlisu s ploškou.
6. příloha: Výlisek lustrová hlavička velikost 14.
Konstrukce spolusabírajících profilů.

1. Úvod.

Cílem rozvoje jablonecké bižuterie v následujících letech je stále větší mechanizace a automatizace výroby skl. zboží a tím odstraňování ruční práce. Tento cíl stanoví závěry usnesení 15. sjezdu KSČ ve směrnících 6. pětiletky k rozvoji československého průmyslu. Důvodem je nejen zákonitý vývoj průmyslové výroby a snaha o zkracování pracovní doby, ale i značný nedostatek pracovních sil. Ty je možné nahradit jen za pomoci saváčení stále více produktivnějších strojů do všech oblastí výrobního procesu.

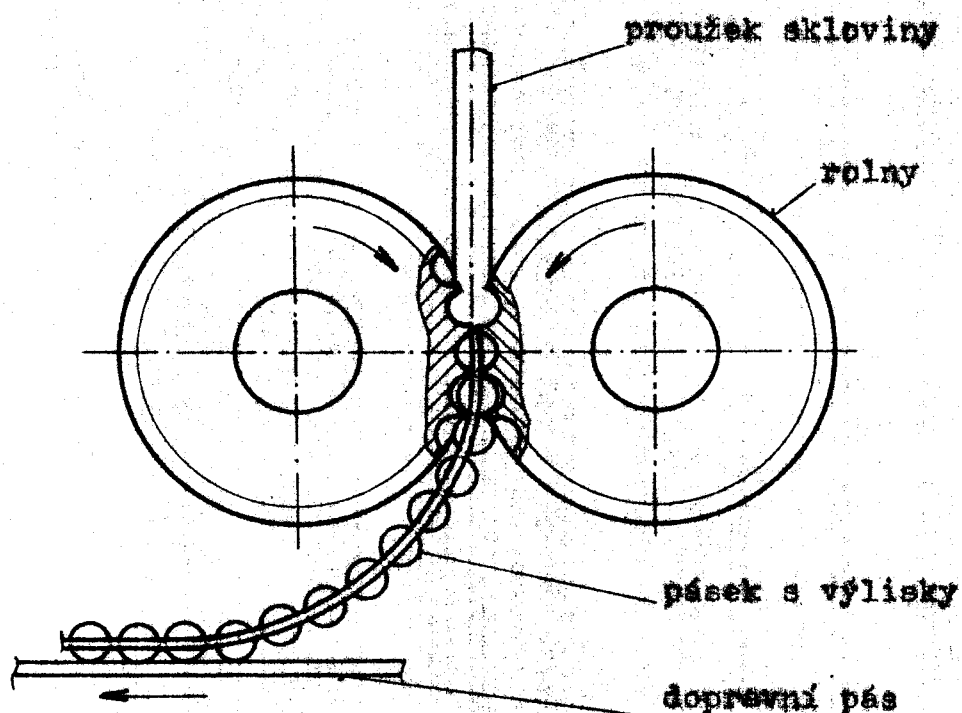
V jabloneckém bižuterním průmyslu je situace o to těžší, že sortiment výrobků je valice bohatý a různorodý. Výroba musí pružně reagovat na potřeby trhu, na módu a to ne tak velkými sériemi, kdy je ekonomické vyrobit automaticky nebo jednodušový stroj. Proto je snaha o sávedení univerzálních strojů se snadnou změnou na jiný druh výrobku.

Dobrych výsledků se dnes dosahuje již dost rozšířenými rotačními mačkadly, které patří mezi nejvýkonnější technologie tvarování. Vzhledem k nízké kvalitě povrchu a malé přesnosti výlisků jsou vhodné hlavně pro výrobu suroviny, která se dále zpracovává buď tvarováním, nebo broušením. Dále jsou vhodné na výrobky, na jejichž přesnosti nezáleží.

Princip rotačního mačkání /obr. 1./.

Jedná se o mačkání proužku skloviny pomocí dvou rotačních nástrojů, na jejichž obvodě jsou v přesné vzdálenosti za sebou provedeny dutiny tvořící půlky formiček a to tak, že každá dutina na obvodě jednoho tvarovacího kotouče tvoří spolu s dutinou na obvodě druhého kotouče formičku odpovídající tvaru a velikosti vyrobeného výlisku. Sklovina teče

z pece v podobě praménku mezíproti sobě se otáčející kotouče, kde se z praménku lisuje souvislý pásek výlisků spojených tenkou vrstvičkou skloviny t.zv. bráskem a postupují takto na dopravní pás. Toto kontinuální tvarování se používá především na výrobu šatonů a perel menších velikostí. Nevýhodou je, že při větších velikostech výlisků dochází při odvalování mezi kotouči k deformacím. Doba lisování je vzhledem k malé styčné ploše mezi rotačními nástroji velmi malá, takže při silnějším praménku skloviny nemají jednotlivé výlisky dosti času vychladnout. Poněvadž půlky forem na obvodu kotoučů musí být v místě odvalování přesně proti sobě, jsou kladeny vysoké nároky na přesnost rotačních nástrojů.



Obr. 1.

Další vývoj rotačních mačkadel je zaměřen na odstranění stávajících vad a přejití výroby na výlisky přesnější a rozměrově větší, na zlepšení odvalovacích poměrů.

Příčiny deformací výlisku je možné rozdělit na dva faktory:

a. technologický

b. mechanický

ad a. Faktor technologický zahrnuje:

teplotu proužku skloviny

otáčky rotačních nástrojů

teplotu rotačních nástrojů

výšku hladiny v peci

průměr výtokového otvoru v peci

ad b. Faktor mechanický zahrnuje:

průměr rotačního nástroje

tvár výlisku /jeho průměr a výšku/

stav strojního zařízení

kvalitu a provedení nasazené formy

Úkolem této diplomové práce je zaměřit se na faktor mechanický. Řešit konstrukci rotačního nástroje s ohledem na získání optimálního výlisku. Teoreticky je rozpracován odvalovací proces mezi nástroji, jsou ukázány jeho negativní vlivy na přesnost výlisku. Je hledána vhodná cesta ke konstrukci rotačních forem, aby výlisek vyhovoval kladeným požadavkům na jeho tvar. Práce vychází z vlastního modelování rotačního lisování. Snaží se přiblížit odvalovací a lisovací procesy při výrobě na model a pak zpětně porovnávat skutečnost, teorii a modelování. Za pomoci modelu tvarování na mačkadle nalézt vyhovující konstrukci rotačních forem k dosažení optimálního výlisku.

2. Stávající způsoby návrhů rotačních nástrojů.

Rotační nástroje /rotační formy, relay/.

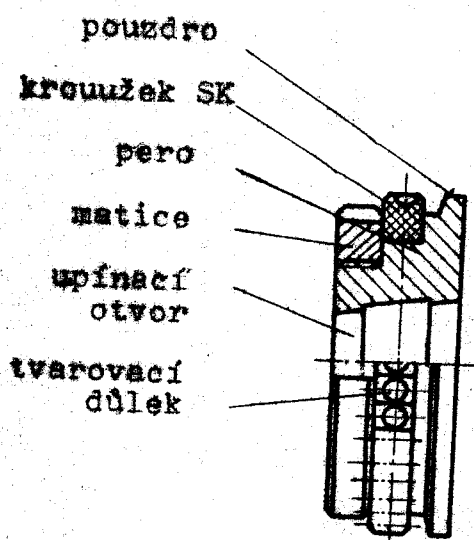
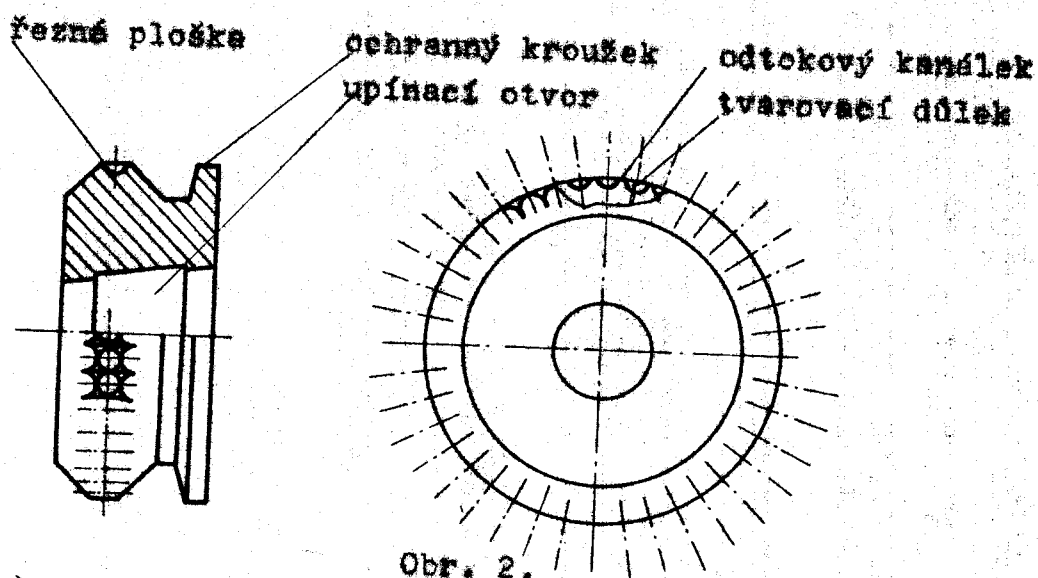
Rotační formy se sestávají z páru kotoučů, po jejichž obvodě jsou v pravidelných roztečích umístěny tvarovací dílky / tvarovací formičky, kaplíky/. Jsou upnuty na pracovní hřídele rotačního mačkadla. Rozdělují se podle:

A. druhu materiálu na

a. ocelové - nitridované, z oceli ČSN 14 340 /obr.2/

- z rychlořezné oceli na př. ČSN 19 802

b. ze slinutých karbidů /obr.3/



B. jmenovitého rozměru ve vazbě na druh sortimentu, typ rotačního mačkadla a upínací otvor rolny.

Jmenovitý rozměr rolny v mm	Druh sortimentu	Typ rotačního mačkadla	Upínací otvor rolny
69	ostatní	RS 1	válcový Ø 22
70	ostatní	RM 1	kuželový $\pm 1^\circ 18' 40''$ min. Ø 34
95	perle ostatní	RS 2	válcový Ø 22
113	ostatní	RM 2	kuželový $\pm 30^\circ$ min. Ø 58
120	perle ostatní	RS 120	kuželový $\pm 16^\circ 35' 40''$ max. Ø 44

C. počtu řádků formiček na obvodě

- a. jednořádkové
- b. dvouřádkové /víceřádkové/

D. druhu sortimentu

- a. perlové
- b. ostatní

Zkoušení rotačních nástrojů.

U každé rolny musí být zkoušeny tyto parametry:

1. vnější rozměry
2. upínací otvor
3. axiální házivost
4. radiální házivost a kruhovitost
5. průměr dýlku /vzorku/
6. hloubka dýlku /vzorku/
7. rozteče dýlek
8. sražení vnitřní hrany dýlku /vzorku/
9. drsnost a kvalita povrchu dýlku /vzorku/

10. šířka řezných plošek

11. mikrotvrdost Hv10 - pouze u rolní ocelových

Měření parametrů.

- ad 1. Měření vnějších rozměrů se provádí pomocí mikrometru a posuvného měřítka.
- ad 2. Měření upínacích otvorů:
 - a. měření kuželových upínacích otvorů se provádí měřícím kuželovým kalibrem.
 - b. měření válcových upínacích otvorů se provádí posuvným měřítkem.
- ad 3. Měření axiální házivosti se provádí pomocí hodinového indikátoru.
- ad 4. Měření radiální házivosti a kruhovitosti se provádí pomocí hodinového indikátoru.
- ad 5. Měření průměrů důlků se provádí:
 - a. Brinellovou lupou
 - b. měřením otisku z pečetního vosku profilprojektorem.
- ad 6. Měření hloubky důlků se provádí pomocí hodinového indikátoru s upraveným hrotem.
- ad 7. Měření roztečí důlků. Kontrolní metoda pro dílenské účely se připravuje.
- ad 8. Kontrola sražení vnitřní hrany důlků se provádí pomocí Brinellovy lupy.
- ad 9. Kontrola drsnosti a kvality povrchu důlků se provádí vizuálně pomocí nástrojařských binokulárních brýlí.
- ad 10. Měření šířky řezných plošek se provádí pomocí Brinellovy lupy, nebo dílenského mikroskopu.
- ad 11. Měření mikrotvrdosti Hv 10 se provádí Vickersovým mikrotvrdoměrem.

Ocelové rotační nástroje /obr.2/.

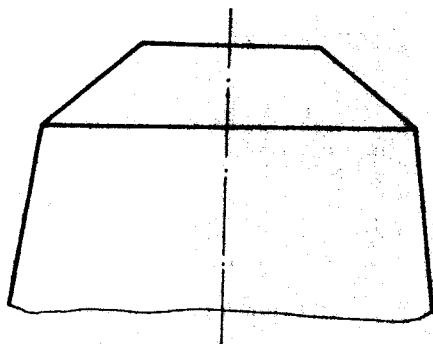
Jediným výrobcem rolen z nitridační oceli lisovací technikou je n.p. Preciosa.

Postup výroby má 12 hlavních operací:

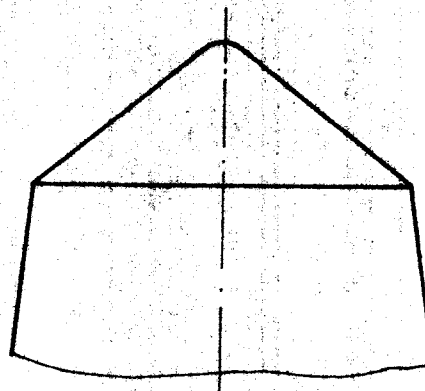
1. nařezání materiálu
2. vyhrubování polotovaru
3. osoustružení polotovaru načisto
4. vyvrtání důlků na vyvrtávačce
5. začištění důlků
6. lisování kaplíků razníkem
7. začištění kaplíků
8. soustružení tvaru hotově
9. odhroťování
10. vypracování řezacích plošek
11. zhotovení otvoru rolny
12. nitridace rolen

Jako příloha 1. je uveden konstrukční výkres ocelové rolny Ø 113 mm. Na výkrese jsou vidět jednotlivé tolerance rozměrů a drsnosti povrchů.

Operace 6. lisování kaplíků se provádí razníkem viz obr. 4. a obr. 5., které jsou pro šatkové výlisky špičky s ploškou.



Obr. 4.



Obr. 5.

Výhody ocelových rotačních forem vyrobených metodou lisovací.

Pomocí jednoho razníku se vylisují předvrtané dülky po celém obvodě. Razníky s velmi jemným opracováním 0,1 μ m vytvoří dülky s velmi dokonalým a přesným povrchem. Pro celý obvod se používá stejného razníku, a proto jsou všechny kaplíky stejné. Je umožněno touto metodou vyrábět nerotační tvary dülků.

Nevýhody výroby rotačních forem lisování.

Při výrobě dochází k deformacím sousedních dülků. Ve směru obvodovém jsou především deformacemi plastickými, zatímco v axiálním směru rolny se převážně jedná o deformace pružné. Plastické deformace v obvodovém směru jsou ovlivňovány hlavně tloušťkou materiálu mezi dvěma sousedními dülky. Čím menší je tloušťka materiálu mezi dülky /více kaplíků na obvodě/ tím jsou plastické deformace větší a tím se více zmenšuje obvodový průměr sousedních dülků. Skutečný rozdíl průměrů dülků v axiálním a obvodovém směru rolny činí na př. u špičky $\varnothing$ 8,1 mm při průměru rolny 113 mm maximálně 0,15 mm. Zcela běžně se u této velikosti vyskytují rozdíly 0,1 mm. Vzniklé deformace pak ovlivňují kvalitu vylisku a jeho geometrický tvar, hlavně průměr. Aby se zamezilo těmto deformacím, pak by se musel předtvarovat dülík třískovým obráběním s malými přídávky a dolisovat na hotovo nebo vyjiskřit na daný tvar a dolisovat razníkem na konečný tvar.

Dále vznikají odchylky zapříčiněné rozdílnou kvalitou materiálu po obvodě rolny. Tyto odchylky jsou způsobeny nestejným odporem materiálu při lisování. Výsledkem je, že průměr a hloubka dülků po obvodě kolísá, možno říci, nahodile řádově v 0,01 mm.

Na přesnost mají vliv další činitelé jako je nedokonalé výrobní zařízení používané pro lisování, což je největším zdrojem nepřesných úhlových roztečí jednotlivých důlků na obvodě rolny; dále i dostatečná kvalita provedených ručních prací. Je-li zanedbána kvalita krájecích plošek /na př.poškození pilníkem nebo nekvalitně sražené hrany/, může to mít za následek popraskání a oprýsknutí nitridační vrstvy v těchto místech, ve kterých forma nejčastěji nalepuje sklovinu.

Vyčištění důlku po lisování rydlem /oper.č.7./ je rovněž velmi důležitou operací. Lupou jsou někdy pozorovány šupinky, které pak po nitridaci způsobují provezu lepení skloviny v důlku. Tyto šupinky časem odprýsknou a forma má nižší životnost.

Nepříznivé je i nutné sražení hrany na vnitřním obvodě kaplíků z důvodu křehké nitridační vrstvičky. Tím není přechod mezi brokem a výliskem ostrý a brok se hůře odstraňuje. Zvětší se tím maximální průměr výlisků, což je nevýhodné pro další technologii zpracování.

Rotační nástroje z tvrdokovu /obr.3./.

Jediným výrobcem rolen z tvrdokovu technikou elektroerozivního obrábění je n.p. ŽBS.

Skládají se z pouzdra, pomocí kterého se rolky upínají na pracovní hřídel mačkadla, matice, kroužku z tvrdokovu, na jehož obvodě jsou důlky, a pera, které zabezpečuje kroužek proti prokluzu na pouzdru.

Výhody použití tvrdokovu jsou hlavně v prodloužení životnosti rotačních nástrojů. Je odstraněn negativní vliv nitridační vrstvičky, zapříčiněn rozdílnou tvrdostí povrchu a jádra rolen. Povrch tvrdokovových forem má podstatně delší životnost oproti ocelovým. Nemusí se srazet hrana na vnitř-

ním obvodě důlku. Tím přechod mezi výliskem a broken je ostřejší a při dalším zpracování výlisku se docílí menšího průměru přes brok oproti výliskům z ocelových forem. Další výhodou pro přesnost kaplíku je vlastní technologie její výroby. Tím, že při výrobě se důlek jiskří, odpaďují vzájemné deformace sousedních důlků, které jsou způsobovány lisováním u rolen ocelových. Ovšem povrch po jiskření je nekvalitní, proto je zařazeno leštění povrchu kaplíků. Tím se dosáhne velmi kvalitního povrchu.

Nevýhody použití tvrdokovu.

Použitím technologie elektroerozivního obrábění na šhotování kaplíků v tvrdokovu se na první pohled zdá, že jej vyrobíme s ideálním tvarem /geometricky přesným/. K tvarovým odchylkám dochází jednak nepřesnostmi strojního zařízení na jiskření a hlavně pak v důsledku následující nutné operace po jiskření, což je leštění povrchu. U ocelových forem lze tuto operaci provést dolisováním razníkem. Leštění povrchu se provádí ručně pomocí brousící diamantové pasty M 32. Při tom dochází k nahodile velkému úběrům povrchu, takže výsledkem nejsou geometricky přesné a stejné kaplíky po obvodě.

Širšímu využití forem z tvrdokovu brání jejich cena, která je 10 až 12 krát větší ve srovnání s ocelovými. Vysoká pořizovací cena je vyrovnávána delší životností nástrojů a kvalitnějšími výlisky. Výhodnost jejich použití se potvrdila ve výrobě, a proto jsou stále více žádány výrobci výlisků. V poslední době se vyskytlo praskání tvrdokovových kroužků, což se současně řeší.

V dalším vývoji je zavedení výroby rolen z rychlořezné oceli. Zkouší se materiál ČSN 19 802. Prozatímni výsledky

ukazují dobrou budoucnost rolen z tohoto materiálu. Výroba se provádí lisovací technikou používanou pro rolny z nitridační oceli. Jejich životnost se ukazuje 4 až 5 ti násobně než u dosavadních ocelových rolen, při čemž cena je o málo vyšší. Hlavní výhodou použití rychlořezných ocelí je v odstranění nutnosti srážet hrany po vnitřním obvodu kaplíků.

3. Tvarování na rotačních mačkadlech.

Použitím rotačního tvarování při výrobě výlisků dostáváme výlisky s menší přesností. Při tvarování mechanicko-tepelném procesu dochází k deformacím na výliscích. Další deformace mohou vzniknout při opuštění tvarovacích nástrojů.

A. Při tvarování se projevují deformace vzniklé:

- a. špatnými rolnami /nelze je seřídít/
- b. špatným seřazením rolen
- c. nepřesným chodem stroje
- d. při odvalování

B. Při opuštění tvarovacích nástrojů dochází k deformacím:

- a. natahováním, nebo zkracováním vytvarovaného pásu výlisků
- b. na dopravním pásu, když ještě nejsou výlisky dostatečně tuhé a deformují se vlastní vahou.

Deformace a. až c. při tvarování lze odstranit větší péčí vosti obsluhy, kvalitou stroje a nástroje. Deformace výlisků po tvarování závisí jednak na seřazení dopravního pásu, ale i na dodržování technologických podmínek výroby.

Dále jsou probírány deformace d. vzniklé při odvalování výlisků. Tyto se projevují u výlisků s přesně vyrobených kaplíků, ale vyrobených bez zřetel na odvalovací zřetelosti.

Odvalování při tvarování.

Zjednodušující předpoklady řešení problému:

- lze předpokládat, že největší deformace vznikají v rovině odvalování, která je proležena osou kaplíku kolmo na osu tvarovacího nástroje. Potom můžeme řešit případ jako rovinný.
- z hlediska symetrie stačí řešit případ poloviční, kdy se odvaluje kružnice po přímce.

Geometrické řešení odvalování.

Jsou řešeny základní případy:

- a. jaký profil spojený s přímkou, která je pevnou polodí, vytvoříme daným profilem spojeným s kružnicí, která je hybnou polodí.
- b. jaký profil spojený s kružnicí, která je hybnou polodí, vytvoříme daným profilem spojeným s přímkou, která je pevnou polodí.

Případy jsou řešeny pro výlisek teoreticky, na základě geometrických zákonitostí, při zanedbání vlivů tlaků a viskozity skloviny při tvarování. Prakticky se jedná o vytvoření odpovídajícího profilu k danému, když jsou určeny obě polodí. Při řešení je postupováno podle věty: Jsou-li dány dvě polodí a libovolný profil spojený s jednou z nich, je tím určen druhý profil spojený s druhou polodí a správně zabírající s daným profilem.

Odvalování kružnice po přímce /obr.6./.

Při bezskluzovém pohybu kružnice jako hybné polodí k po přímce, která je pevnou polodí p , dochází k cykloidnímu pohybu.

Je-li v rovině dané souřadnými osami x, y bod $M(0, v)$ spojený s kružnicí k se středem $Q(0, r)$ o poloměru r , je-li $p = r - v$ vzdálenost bodu M od středu kružnice k je-li i úhel

Na obr.7. je znázorněn případ, kdy se kružnice k odvaluje po přímce p . Přímký q_1, q_2, q_3 jsou pevně spojeny s odvalující se kružnicí k . Křivky vzniklé při odvalování jsou cykloidy c_1, c_2, c_3 . Lze dokázat, že obálka c_1 vzniklá při odvalování přímký q_1 je cykloida, která vzniká při odvalování bodu A na obvodě kružnice k' , která je dvakrát menší kružnice k .

a má rovnice

$$x = \frac{r}{2} \cdot \frac{1 - \sin 2t}{1 + \sin 2t} = r \cdot \frac{1 - \sin t \cdot \cos t}{1 + \sin t \cdot \cos t}$$

$$y = \frac{r}{2} \cdot \frac{1 - \cos 2t}{1 + \cos 2t} = r \cdot \frac{1 - \cos^2 t}{1 + \cos^2 t}$$

kde t je úhel pootočení kružnice k

r je poloměr kružnice k

Obálky c_2, c_3 jsou ekvidistanty k této prosté cykloidě c_1 .

Jejich rovnice jsou

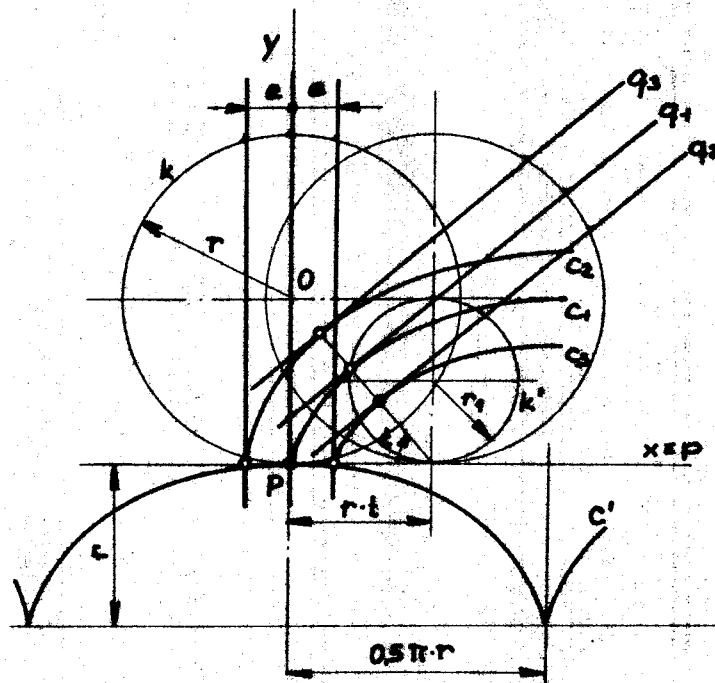
$$x = r \cdot \frac{1 - \sin t \cdot \cos t}{1 + \sin t \cdot \cos t} \pm e \cdot \cos t$$

$$y = r \cdot \frac{1 - \cos^2 t}{1 + \cos^2 t} \pm e \cdot \sin t$$

kde horní znaménko/-/ je pro ekvidistanty c_3

dolní znaménko/+/ je pro ekvidistanty c_2

e je vzdálenost středu kružnice k od paty kolmice spuštěné z tohoto středu na přímku.



Obr. 7.

Společnou evolutu /všech obálek/ je cykloida c' shodná s c_1 , ale posunutá do bodu P ve směru osy y dolu o e a ve směru osy x o $0,5 \cdot r \cdot \pi$.

Odvalování kružnice spojené s kružnicí po přímce.

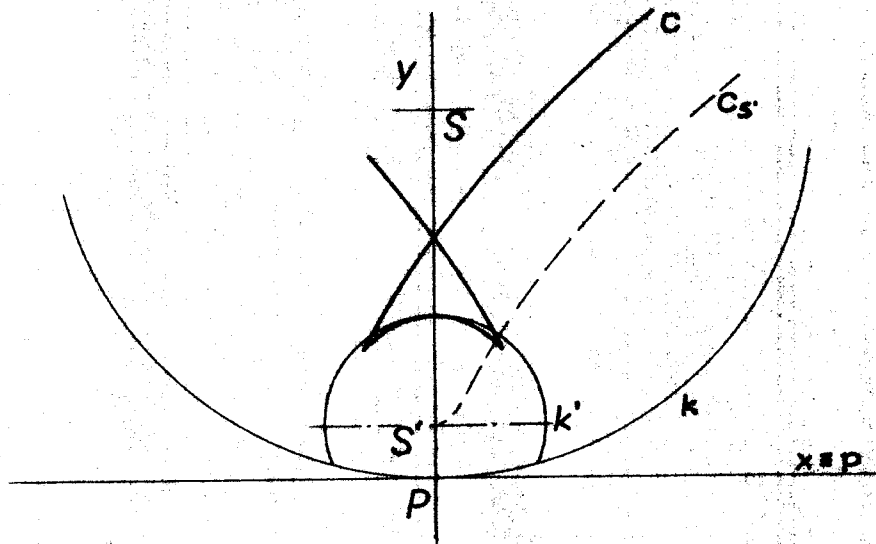
Řešení tohoto problému lze rozdělit na tři úlohy:

- a. střed S' kružnice k' leží uvnitř kružnice k /obr.8./
- b. střed S' kružnice k' leží na kružnici k /obr.10./
- c. střed S' kružnice k' leží na kružnici k /obr.9./

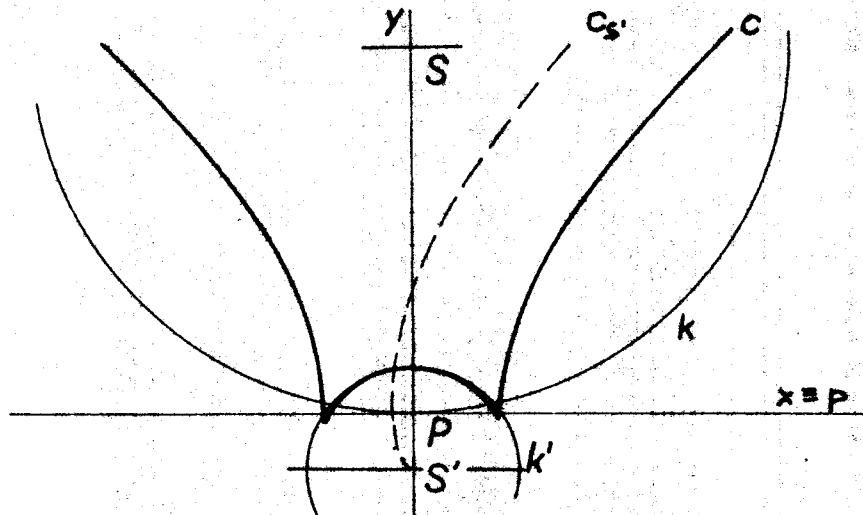
Úlohy lze řešit podle věty, že obálka kružnice při jejím libovolném pohybu je ekvidistanta trochoidy opisované jejím středem. Při odvalování kružnice k' vznikají současně dvě obálky, z nichž jedna je pro náš případ nerealná a není na obr. zakreslena.

Jsou řešeny případy a_1 a a_2 při posunutí středu S' mimo pól P . V obou případech vznikají obálky s větší křivostí než je křivost kružnice k' a nastává zkreslení profilu kružnice. Bylo na příklad zjištěno, že pro průměr rolny 113mm a průměru kaplíků 9,5mm při posunutí středu kružnice o 0,5mm /předpokládaná max. nepřesnost výroby kulových kaplíků/ je zkreslení max. 0,05mm.

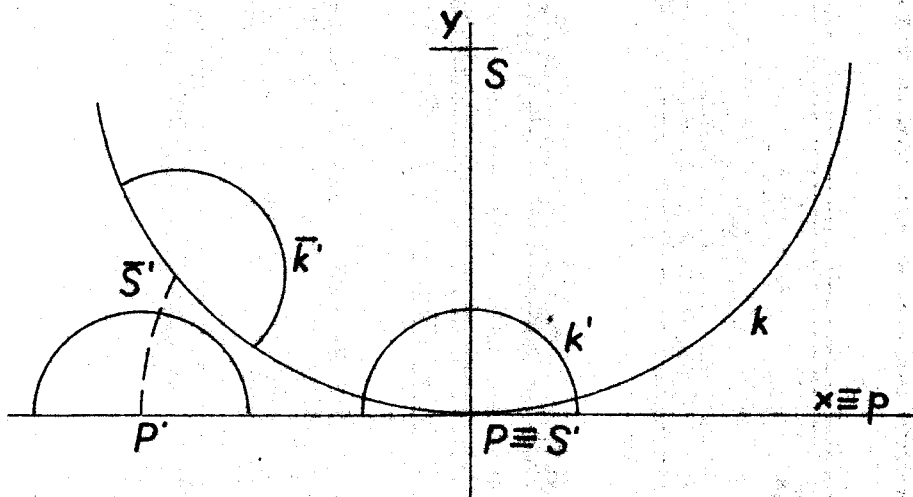
Leží-li střed S' kružnice k' na kružnici k , nenastává při odvalování žádná deformace. Výtvarnými body bude celá kružnice /v prostorovém řešení celá koule/ právě v okamžiku, kdy se střed S' stotožní s pólem pohybu P . Z toho vyplývá, že odvalování kružnice není omezeno geometrickými poměry odvalovacích nástrojů v případě, že se nesagínáme o sklus nástrojů.



Obt. 8.



Obt. 9.



Obt. 10.

Odvalování přímky po kružnici /obr.11./.

Hybná polodie je přímka p a pevná polodie je kružnice k , pohyb přímky po kružnici je bez skluzu, vzniká pohyb evolventní. Tímto pohybem lze hledat spoluzabírající profil k přímkovému profilu danému na přímce. Rovnice evolventy:

$$x = /r + p/.cost + r.t.sint$$

$$y = /r + p/.sint - r.t.cost$$

kde r je poloměr kružnice

p je vzdálenost bodu opisujícího křivku od pólu O pro $t = 0$

t je úhel pootočení přímky na kružnici

pro $p < 0$ je skrácená - e_1

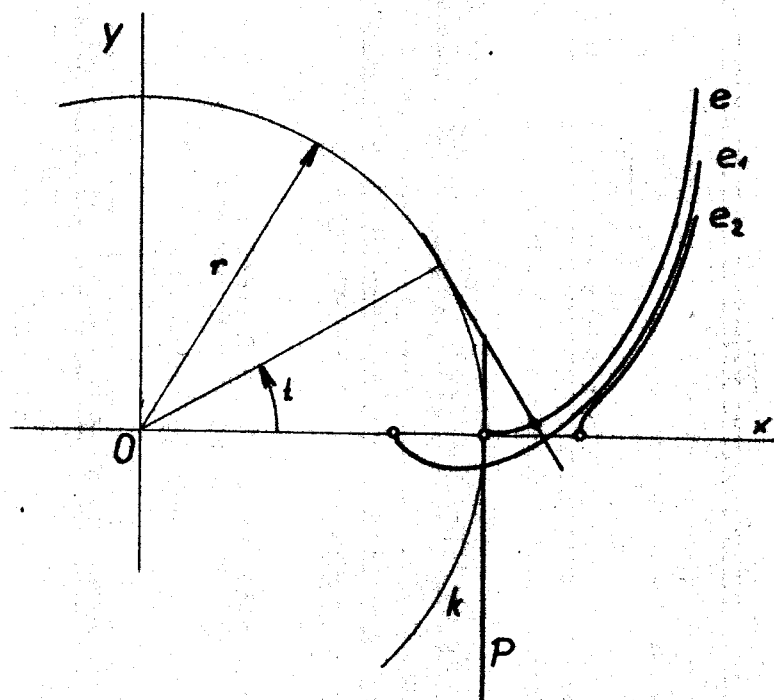
$p < 0$ je prodloužená - e_2

$p = 0$ je obyčejná - e se souřadnicemi

$$x = r./cost + t.sint/$$

$$y = r./sint - t.cost/$$

Evolutou evolventy je kružnice.



Obr.11.

Odvalování přímky spojené s odvalující se přímkou po kružnici /obr.12./.

Tento případ se podobá problematice odvalování hřebene s ozubeným kolem. Vedle kružnice $\underline{k}$, která je pevnou polodií, zde je nutné určit i kružnici základní, po které se daná přímka $\underline{ql}$ spojená s hybnou polodií $\underline{p}$ odvaluje. Vzdálenost středu kružnice $\underline{k}$ od paty kolmice spuštěné z tohoto středu na přímkou $\underline{ql}$ je souřadnice $\underline{L}$. Ta určuje vzájemné pootočení evolvent /ekvidistant/, které vzniknou jako obálky vzájemně rovnoběžných přímek s přímkou $\underline{ql}$.

Poloměr základní kružnice $\underline{k}_z$ pro obálku přímky o

$$\text{úhlu } \alpha : \quad r_z = r \cdot \cos \alpha$$

Pro základní evolventu e_z v dané poloze, která prochází průsečíkem $\underline{N}$ základní kružnice s osou $\underline{y}$, platí $L_z = r_z \cdot \alpha$ a jejím parametrem je úhel pootočení $\underline{t}$.

Pro evolventy e_1 ekvidistantní k základní evolventě je úhel pootočení vůči ní $t_0 = \frac{L - L_z}{r_z}$

Základní evolventa má s ohledem na souřadný systém na obr.12. rovnice

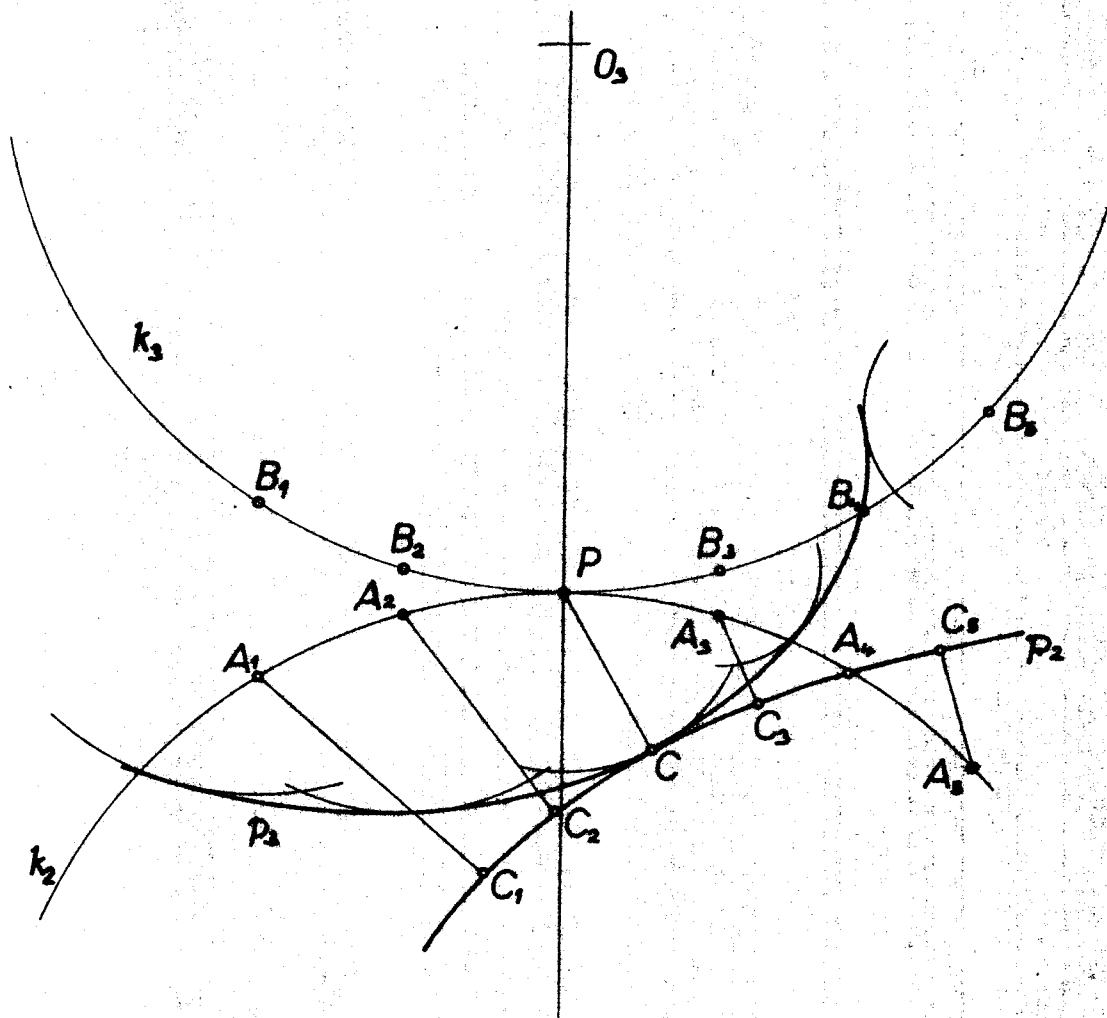
$$x = r \cdot \cos \alpha \cdot / \sin t - t \cdot \cos t /$$

$$y = r \cdot / 1 - \cos \alpha \cdot / \cdot \cos t + t \sin t /$$

Její ekvidistanty mají rovnice:

$$x = r \cdot \cos \alpha \cdot / \sin t - / t - t_0 / \cdot \cos t /$$

$$y = r \cdot / 1 - \cos \alpha \cdot / \cdot \cos t + / t - t_0 / \cdot \sin t /$$



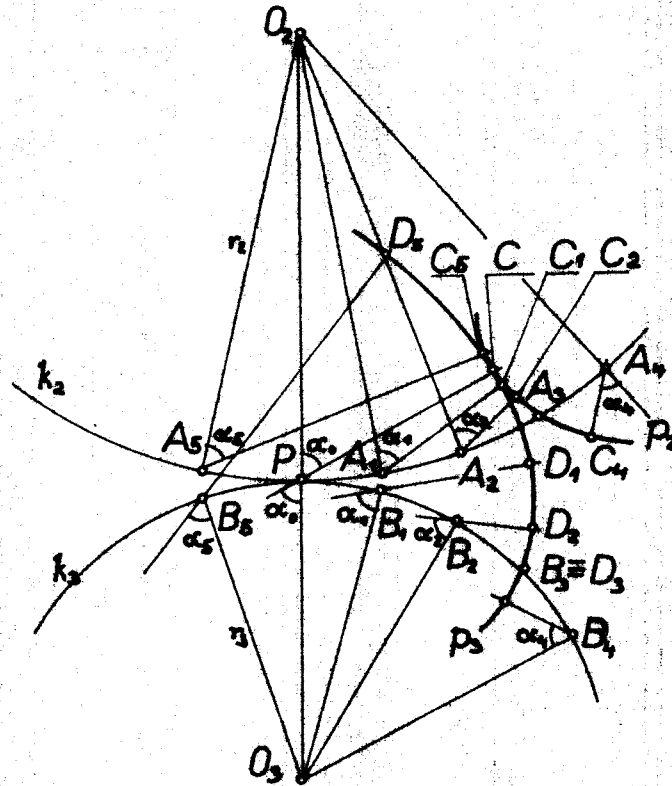
Oct. 13.

Pro význačné /na př. okrajové nebo přechodové/ body je použito konstrukce s přenášením úhlů. Tím získáme přesnou polohu sdruženého bodu na druhém profilu /obr.14/.

Konstrukce sdružených bodů spoluzabírajících profilů [1].

Při kreslení fázi záběru je bod dotyku profilů p_2 a p_3 v patě C až D kolmice spuštěné z valivého bodu P na daný profil p_2 . Bod C na p_2 je sdružen s bodem D na p_3 . Volně na p_3 řadu dalších bodů C_1 až C_5 a hledejme pro ně na p_2 přidružené body D_1 až D_5 . V bodech C_1 až C_5 vztýčíme na p_2 kolmice, jejichž průsečíky s kružnicí k_2 označíme postupně A_1 až A_5 a k těmto bodům najdeme na kružnici k_3 přidružené body B_1 až

B_5 , a to tak, že určíme $PA_1 = PB_1$. Přeneseme úhly α_1 normal
bodů C_i s průvodiči bodů A_i na průvodiče bodů B_i a na takto
získané normály hledaného profilu p_3 nanese $B_1D_1 = A_1C_1$.
Tím jsme našli body D_1 na profilu p_3 a zároveň tečny k p_3
v těchto bodech, neboť tyto tečny jsou kolmé na normály B_1D_1 .

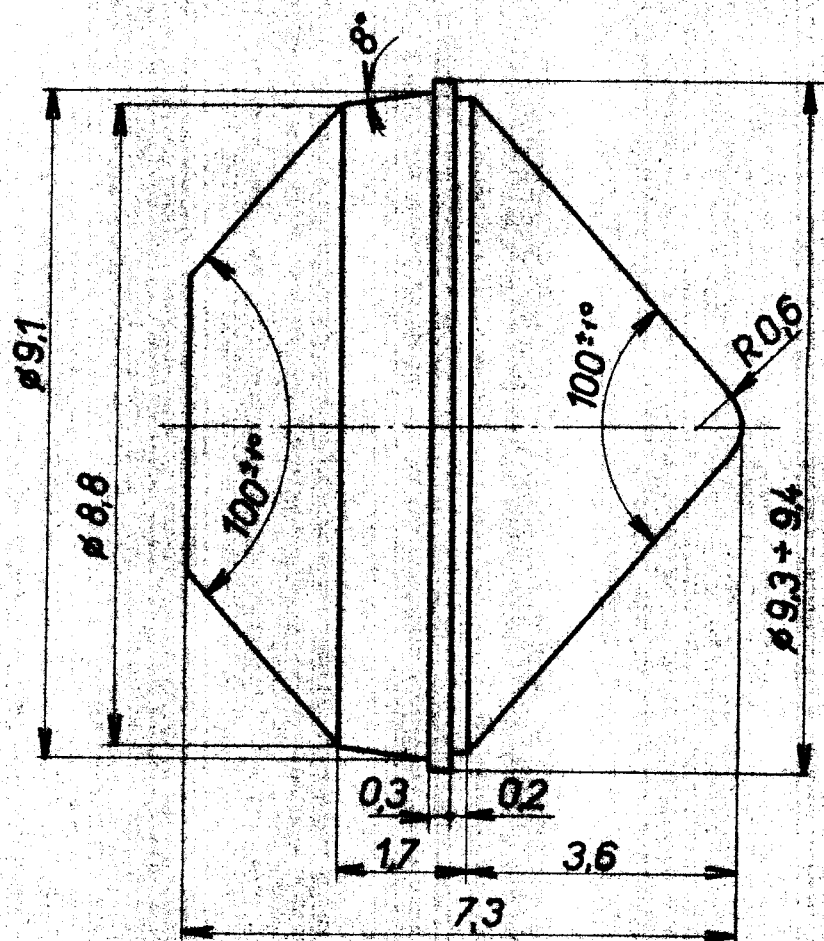


Obr. 14.

Z řady profilů výliseků byly vybrány tyto:

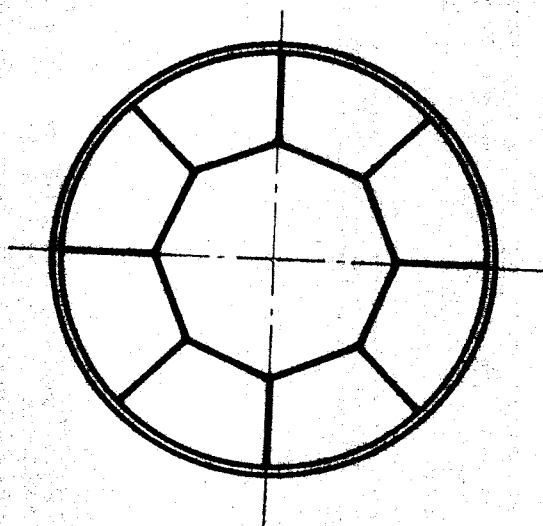
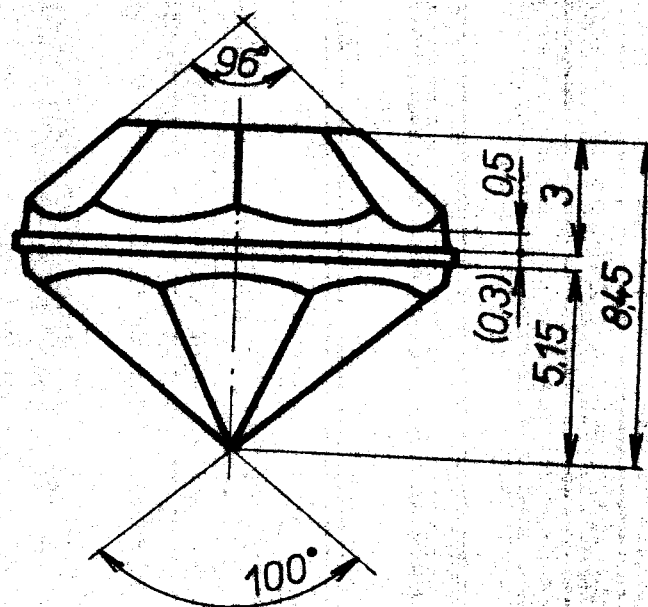
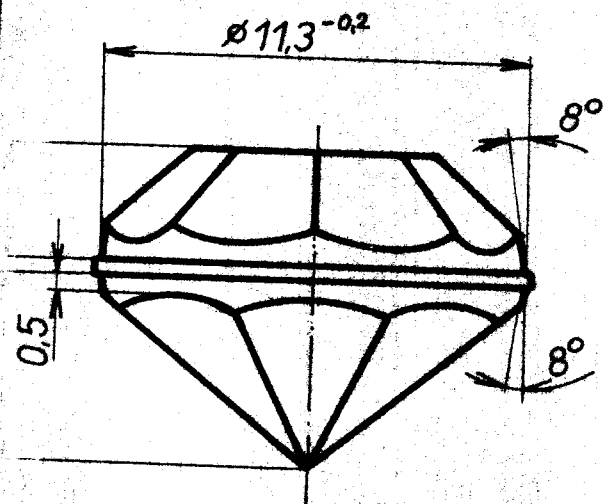
1. Výlisek špička s ploškou velikost ss 40 /obr.15./.
 2. Výlisek pro šatony smírek a šatony aurerit velikost
ss 48 /obr.16./.
 3. Výlisek lustrová hlavice dvoudírková velikost 14 /obr.17/.
- Konstrukce provedené pro průměr valivě kružnice /průměr role
ny/ 113 mm a jsou v měřítku 30 : 1. Tato velká zvětšení umož-
ní přehledný průběh obou křivek profilů.

MĚŘÍTKO 10 : 1



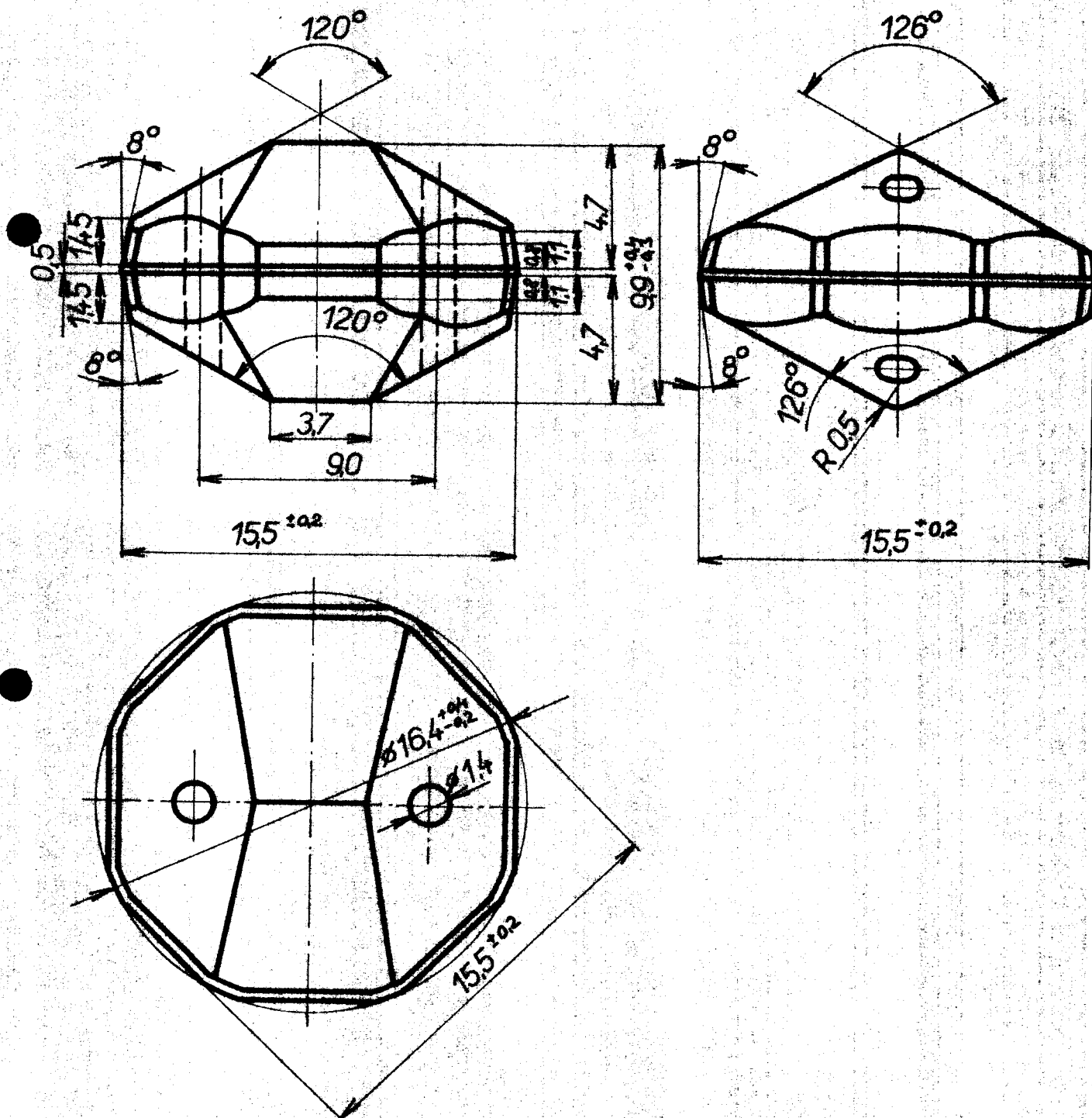
OBR. 15.

VÝLISEK PRO ŠATONY SMIREK.
VELIKOST SS 48.



OBR. 16.

LUSTROVÁ HLAVIČKA VELIKOST 14



OBR. 17.

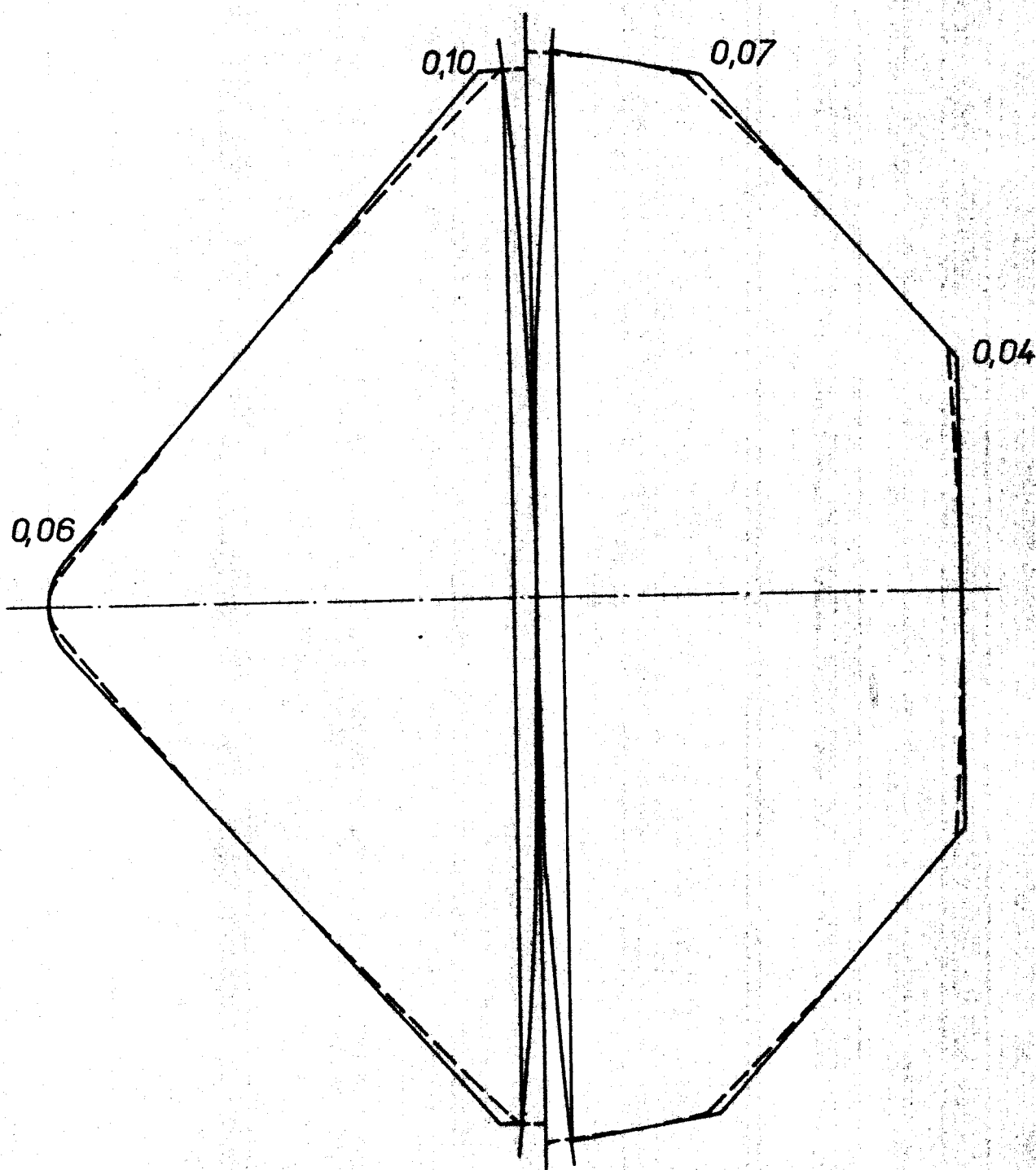
Pro názornost a další použití je sestrojen spoluzobrazující profil výlisku špičky s ploškou při průměrech valivé kružnice 120, 113, 95 a 69 mm v měřítku 20 : 1. Získaná řada dává názorný náhled na vliv velikosti průměru rolky pro jeden profil výlisku. Jelikož profily výlisků jsou souměrné, je u konstrukci ve zvětšení 50 : 1 na jedné polovině /pravé/ vždy provedena konstrukce spoluzobrazujícího profilu pro tvar formy přesného výlisku a na druhé /levé/ polovině je sestrojen profil formy pro daný přesný výlisek /s ohledem jen na geometrii. Profily v měřítku 20 : 1 jsou pro profil přesného výlisku spojeného s kružnicí.

Výlisek špička s ploškou velikost ss 40.

Pro průměr valivé kružnice 113 mm jsou provedeny konstrukce v měřítku 50 : 1 /příloha 2 a 3/. Odchytky označené pozicí 2, 4, /4' / nastávají při pohybu kružnice po přímce až do doby kdy se osy profilů protínají s okamžitým pólem pohybu. Odchytky 1 a 3 při opuštění uvedené polohy. Dále jsou u tohoto výlisku provedeny tvary profilů náležejícímu jeho celému profilu, který je spojen s kružnicí, pro řadu průměrů 120, 113, 95 a 69 mm v měřítku 20 : 1 /obr. 18, 19, 20, 21/. Naměřené maximální deformace jsou uvedené v tabulce 1.

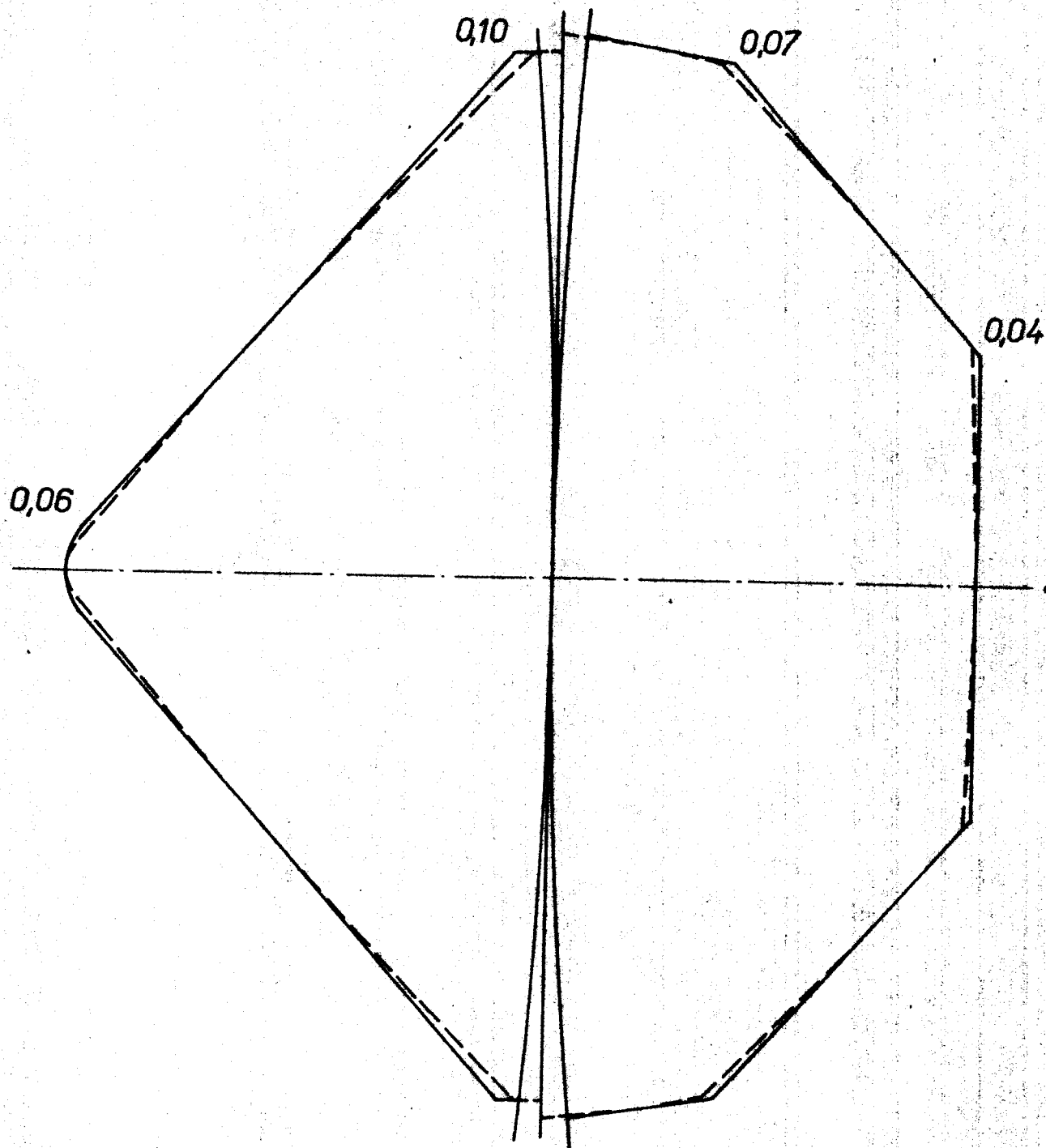
maximální odchytky profilů v mm		valivé kružnice průměru /mm/			
		120	113	95	69
na půlce profilu se špičkou	u vrcholu	0,06	0,06	0,07	0,10
	u průměru v. kružnice	0,09	0,10	0,13	0,17
na půlce profilu s ploškou	na plošce	0,04	0,04	0,05	0,07
	na boku	0,07	0,07	0,08	0,09

Tab. 1.



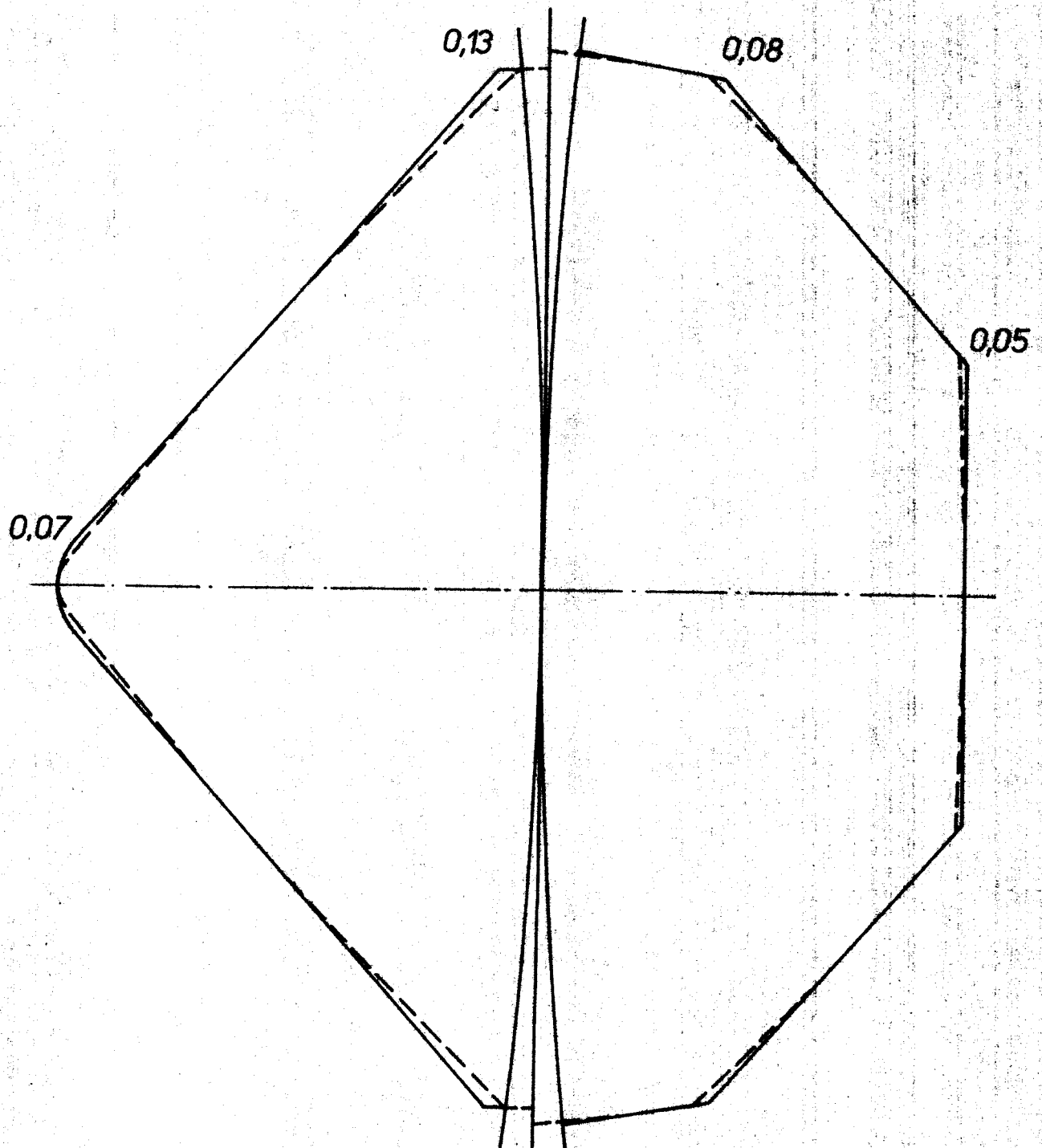
Deformace při průměru valení 120 mm/ M 20 : 1/.

Obr. 18.



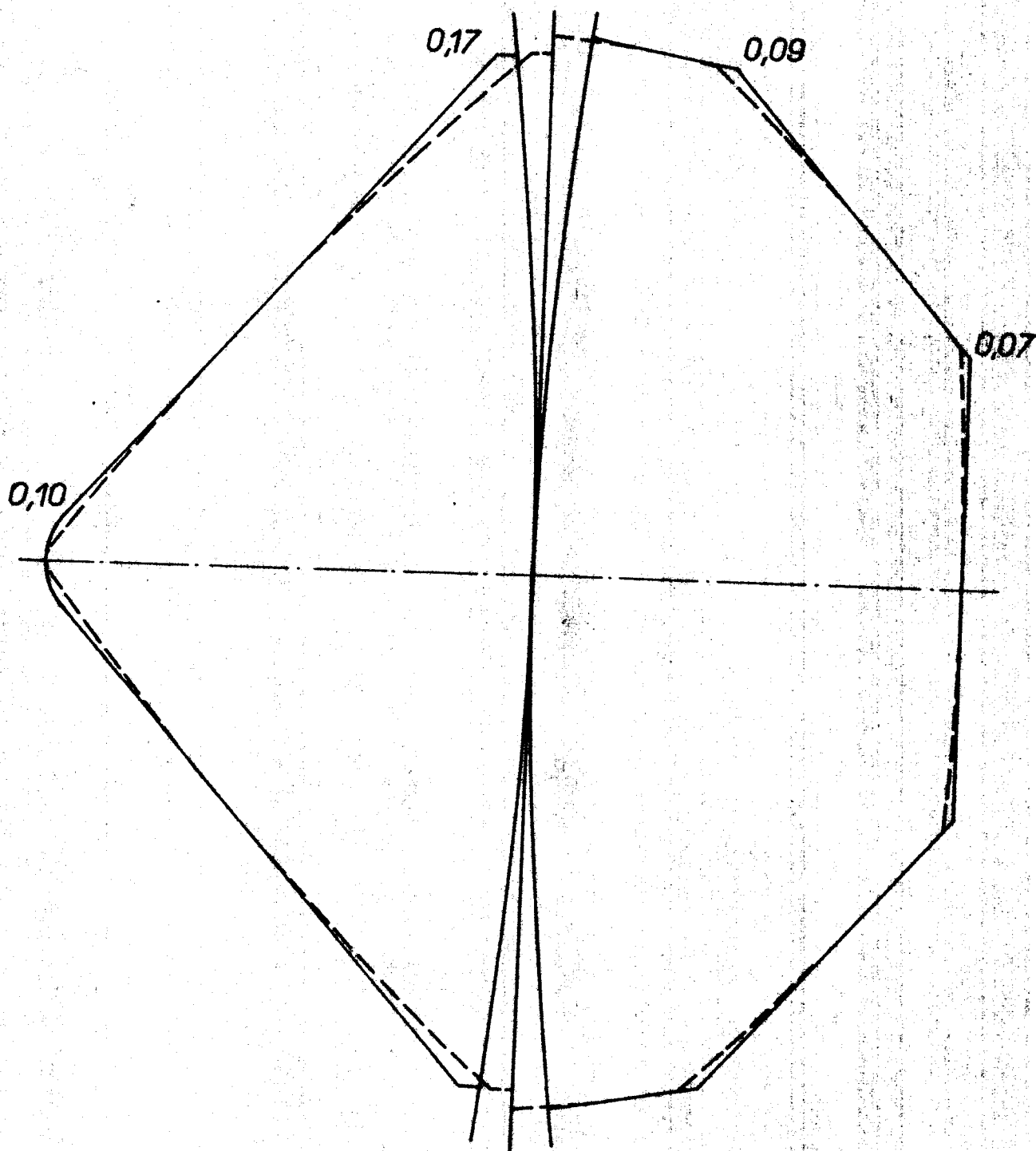
Deformace při průměru vlnění 113 mm /M 20 : 1/.

Obr. 19.



Deformace při průměru vlnění 95 mm /M 20 : 1/.

Obr. 20.



Deformace při průměru valení 69mm /M 20 : 1/.

Obr. 21.

Chceme-li tvořící profil spojit s valivou kružnicí tak, aby hrana profilu byla na této kružnici, je nutné vzájemné oddělení hrany od přímky po které dochází k odvalu. Výsledkem je pak vzájemné oddělení obou pálek profilů v nakreslené poloze o hodnoty uvedené v tabulce 2.

	průměr valivé kružnice v mm			
	120	113	95	69
vzájemné posunutí profilů v mm.	0,35	0,36	0,43	0,57

Tab. 2.

Výlisk pro šatony smírek a šatony autorit velikost se 48 /příloha 4 a 5/.

S přiložených konstrukcí je možné odměřit odchylky spolupobírajících profilů. Pro profil tvaru přesného výlisku, který je spojený s kružnicí, jsou maximální odchylky na pále profilu se špičkou 0,17 a 0,12 mm, na pále s ploškou 0,06 a 0,14 mm. Pro profil tvaru přesného výlisku, který je spojený s přímkou, jsou maximální odchylky na pále profilu se špičkou 0,16 a 0,13 mm, na pále s ploškou 0,08 a 0,15 mm.

Přitom odchylky označené ⁰páicí 2 a 4 nastávají při pohybu kružnice po přímce až do doby, kdy se osa profilu protíná s okamžitým pólem pohybu. Odchylky označené pozicí 1 a 3 pak při opuštění uvedené polohy.

Na vzdálenosti 5,65 mm od bodu dotyku kružnice s přímkou je jejich odchylka již 0,3 mm. Vzdálenost obou pálek profilu výlisku je tedy 0,6 mm.

Lustrová hlavička dvoudírková velikost 14 /příloha 6/. Maximální průměr výlisku 15,5 mm je pro odvalování na kružnici průměru 113 mm po přímce relativně velký. Odchylna této kružnice od přímky na vzdálenosti 7,75 mm od jejího bodu dotyku je již 0,54 mm. Oddálení obou půlek profilu je pak 1,08. V důsledku plochého profilu vychází při vrcholu malé odchylky 0,04 mm, ale na okrajích až 0,37 mm.

Jsou-li profily v poloze, kdy jejich osy procházejí okamžitým pólem otáčení, lze jednoznačně říci, že čím více se profil blíží profilu kružnice se středem v pólu, tím menší jsou deformace způsobené odvalováním. U kružnice je v této poloze každý bod výtvarným neboli normály v každém bodě na ní procházejí pólem. V okolí paty kolmice k přímkovému profilu, který je spojen s odvalující se kružnicí, vedené z pólu jsou malé odchylky profilů plynoucí z průběhu cykloidy, jež je profilem spoluzabírajícím a dotýká se přímky v této patě. Její poloměr křivosti v této patě je dvakrát větší než vzdálenost paty od pólu. Proto čím dále je tento průsečík od pólu, tím menší budou odchylky profilů v jeho okolí a rozsah malých odchylek větší /menší křivost cykloidy/. Názorně je to vidět na profilu lustrové hlavičky spojeného s valivou kružnicí průměru 113 mm /příloha 6/. Ve vzdálenosti 7,75 mm od pólu pohybu v této poloze profil začíná pod úhlem 82° . Spoluzabírající cykloida se dotýká v této části profilu velmi daleko od pólu, čili má velký poloměr křivosti v bodě dotyku /poloměr křivosti cykloidy se rovná dvojnásobné vzdálenosti bodu dotyku od pólu/ a její odchylky od profilu přímky jsou malé. Dále se ovšem profil lomí na úhel 27° , takže kolmice z pólu na přímku vytváří bod, který má menší vzdálenost od pólu /menší poloměr křivosti dotýkající se

cykloidy/. Tím, že tento bod je více vzdálen od bodu zlomu profilu, je vzdálenost přísky od spoluzabírající cykloidy v bodě zlomu 0,37 mm.

Získané výsledky z konstrukcí se použijí pro konstrukce s uvažováním lisovacího procesu při odvalování, při kterém se musí uvažovat s přemísťováním skloviny.

4. Odvalování ovlivněné lisováním a pohybem skloviny.

V předešlé kapitole bylo zhruba probráno teoretické odvalování jednoduchých profilů. Určoval se spoluzabírající profil k danému profilu tvaru výlišku na základě geometrických závislostí.

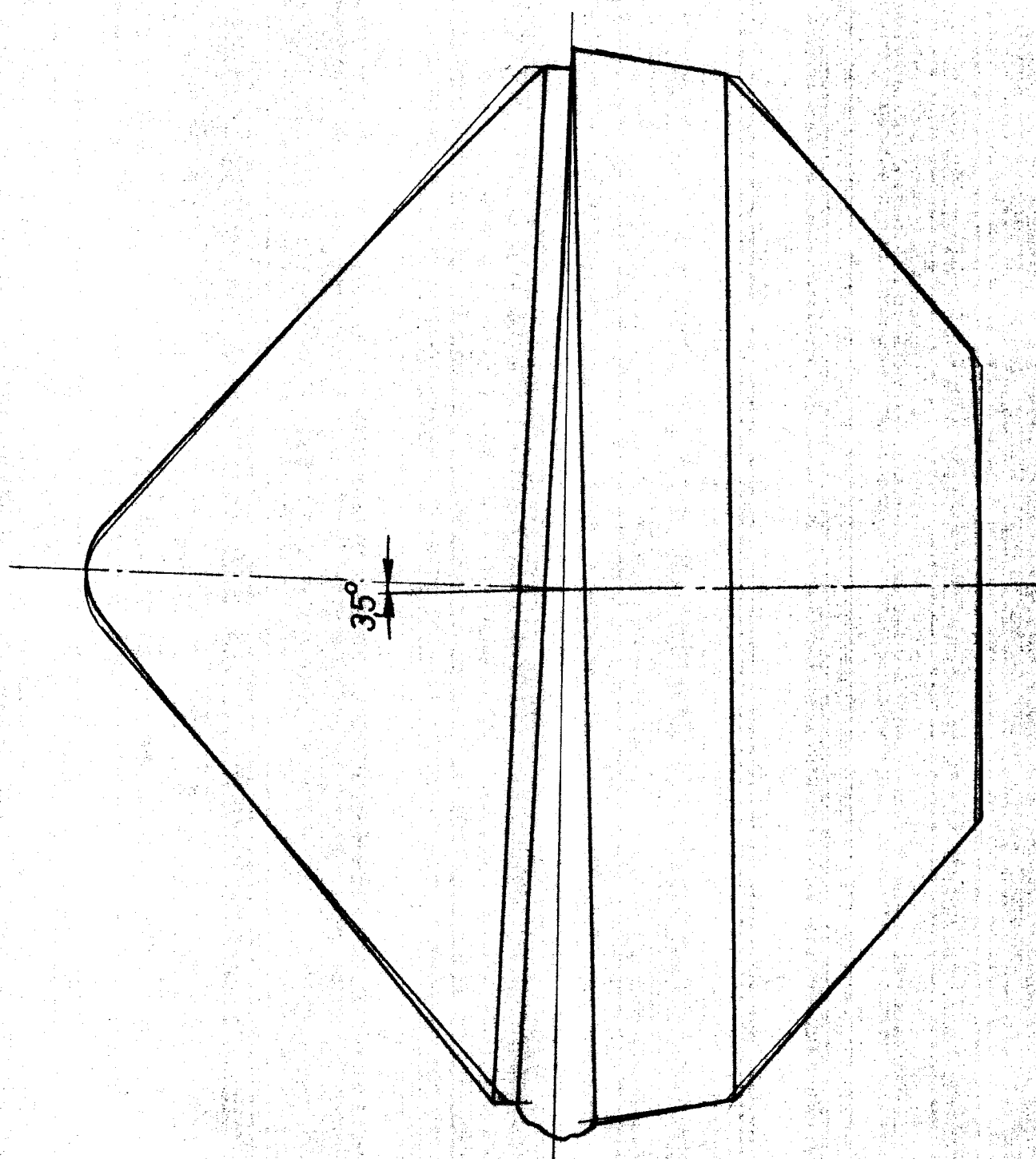
Při odvalování mezi rolnami dochází vlivem odvalování k deformacím výlišku. Vytěšňovaná sklovina v tlačných místech se snaží vlivem působících sil přemístit do volných prostorů. Tím dochází k zaplňování dutin, které se v průběhu pohybu uvolňují. Unikání stlačované skloviny ven s kaplíku brokem brání zatuhlejší sklovina v mezeře mezi rolnami. Proto se přeskupování děje ponejvíce směrem dopředu, kde se vlivem vzájemného oddalování kaplíků uvolňují nové dutiny. Celý děj probíhá velmi rychle, a proto má vliv i dynamika pohybu skloviny ve formě.

V první polovině lisovacího procesu t.j. do doby, kdy osa kaplíku protne okamžitý pól pohybu /osy protilehlých kaplíků se ztotožní/, dochází k lisování proužku skloviny a vytěšňování přebytečné. Protíná-li osa kaplíku okamžitý pól pohybu je kaplík v hlavní lisovací poloze, ve které je vlivem tlaku zcela zaplněn /tlak 20 až 50 MPa/. Tím odpadá vliv odvalování na tvar výlišku až do této polohy. Vysoký tlak působí dokonale vyplnění formičky.

Při dalším pohybu kaplíku z hlavní lisovací polohy dochází k oddalování přední poloviny kaplíku a k přibližování zadní. V přední části tlak klesá, proto je sklovina hrnuta ze zadní do přední části a zaplňuje uvolňující se prostory. Největší deformace jsou těsně za hlavní lisovací polohou /se úvratí/, což lze zjistit z geometrického odvalování. Na př. u výlisku špička s ploškou velikost ss 40 a průměru rolny 113 je to do 2° za úvratí /obr. 22/, kdy dochází k největším deformacím zadní části výlisku, deformacím špičky v horní části ze předu a plošky v zadní půlce. Při úhlu natočení větším jak 2° jsou deformace profilu minimální. Dolisováním vznikne:

- natočení os spodní a vrchní části výlisku přibližně o $3,5^{\circ}$ / 3° až 4° /.
- zvětšení broku přední části.

Velmi obtížně by se vyjadřoval objem stlačený a vytlačený při dolisování. Přibližné řešení lze provést pomocí ploch na profilu výlisku s ohledem na skutečnost, že objem se stlačuje do výlisku a vytlačuje vně něj na větší poloměr /plošně vyjádřený stlačený objem je menší než stejnou plochou vyjádřený objem vytlačený/. Rozdíl se značně vyrovnává tvarem výlisku.



Otvorený tvar výliaku / $\frac{1}{2}$ rolny 113 mm/.

Obr. 22.

5. Skutečné výlisky.

Proměřením skutečných výlisků je možné jejich porovnání s teoreticky odvozenými profily. Porovnání je obtížnější tím, že skutečné výlisky nejsou lisovány geometricky přesnými nástroji. Při proměřování výlisků je nezbytné proměřit rovněž příslušné rolny. Z provozních důvodů toto není vždy snadné. Každý kaplík na obvodě rolny má jiné tolerance způsobené výrobou, proto se musí počítat s průměrnými hodnotami naměřenými na výliscích a na rolnách. Tento postup byl uplatněn při proměřování ocelových rotačních nástrojů průměru 113 mm a jimi vylisovaných špiček a ploškou velikost 3340 na závodě Dolní Prysk n.p. JS.

Z dopravního pásu byly odebrány vzorky výlisků a ty pak proměřeny na profilprojektoru při 10ti násobném zvětšení. Výsledky měření jsou sestaveny v tabulce 3. Na závodě byly tentýž den proměřeny vlastní rotační nástroje posuvným měřítkem a Brinellovou lupou. Naměřené hodnoty jsou zakresleny na obr. 23.

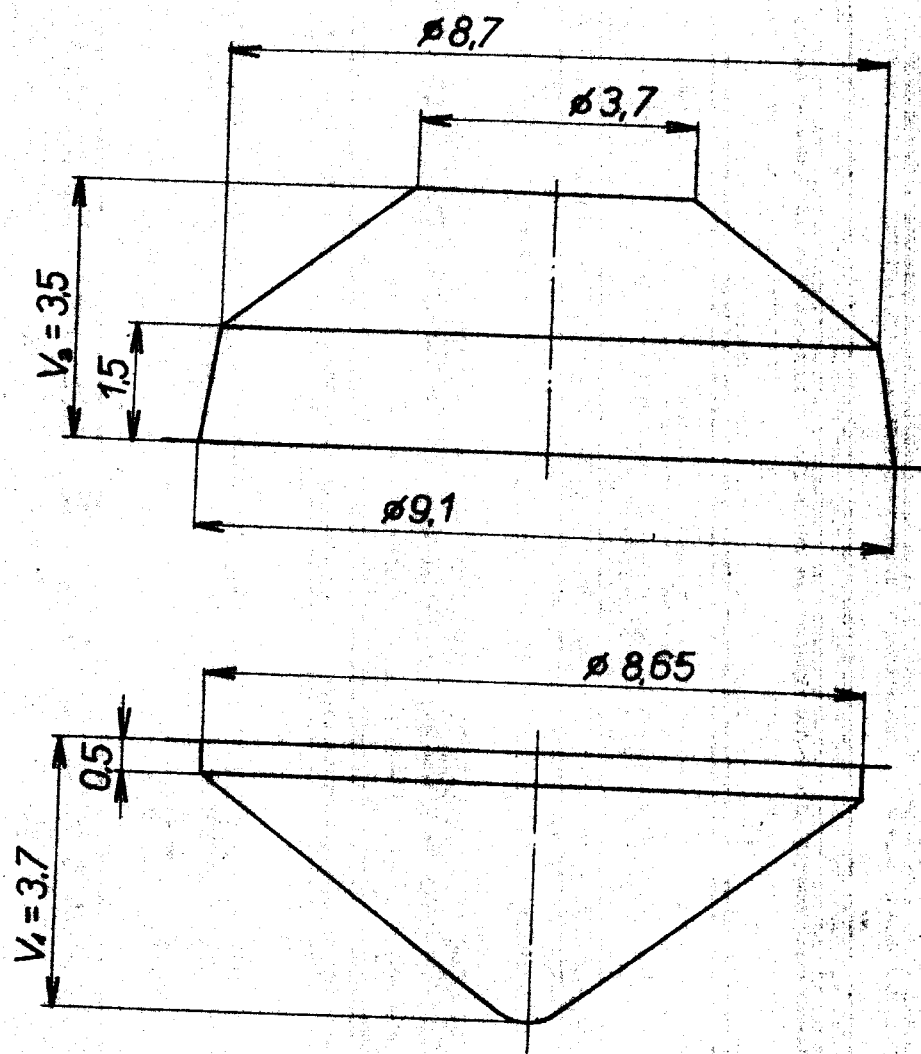
Z průměrných výsledků je nakreslen profil výlisku v měřítku 20 : 1 /obr.24/. Je vidět, že brož v přední části výlisku je téměř dvojnásobný oproti brožu v zadní části. Různoběžnost os obou polovin výlisku je průměrně $3,4^{\circ}$. Rozměry výlisku ve směru pohybu jsou menší přibližně o 0,1 mm ve srovnání s rozměry v kolmém axiálním směru. Tyto deformace ve směru pohybu vznikají pomalejší rychlostí dopravního pásu vzhledem k obvodové rychlosti rolna.

Nejpřesnější získání náhledu na skutečné deformace při vlastním lisování je možné provést jenom proměřením kaplíku a příslušného výlisku z něho získaného. Proto bylo provedeno měření na rotačním máčkadle RZ 120, které je instalováno na

Hodnoty v mm.

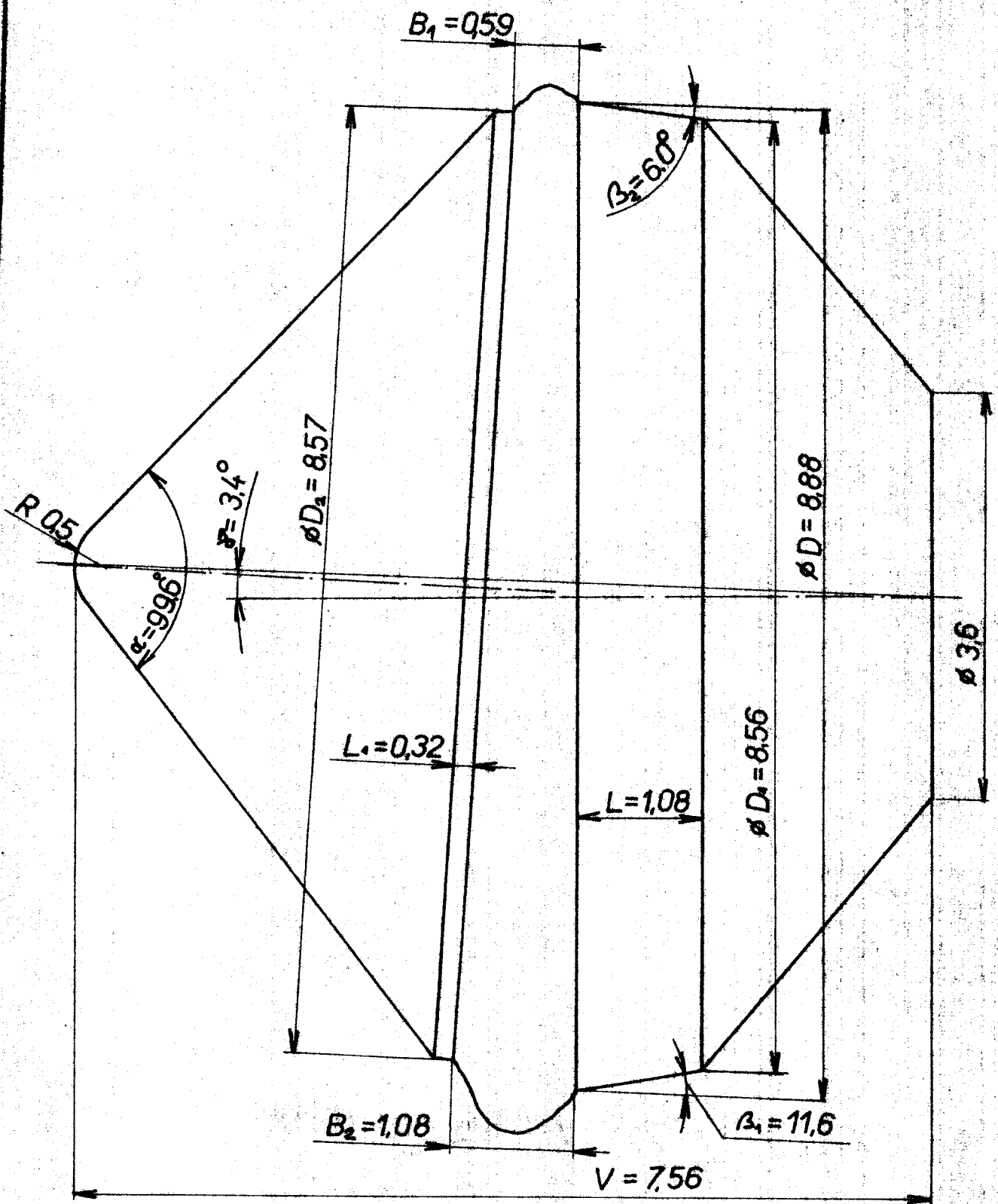
D	D ₁	D ₂	B ₁	B ₂	L ₁	L	V	α°	β_1°	β_2°	γ°
8,90	8,60	8,60	0,6	0,9	0,4	1,1	7,6	100	11	7	3,5
8,90	8,60	8,40	0,5	1,1	0,4	1,0	7,6	100	11	6	3,5
9,90	8,60	8,60	0,5	1,1	0,3	1,0	7,5	98,5	12	7	3,5
8,90	8,60	8,55	0,5	1,1	0,3	1,0	7,6	99	12	6	4,0
9,00	8,60	8,65	0,5	1,2	0,3	1,1	7,5	100	10	8	4,0
8,80	8,50	8,50	0,65	1,1	0,35	1,05	7,7	100	12	6	3,0
9,00	8,60	8,65	0,5	1,0	0,3	1,1	7,5	99,5	12	7	4,0
8,80	8,50	8,45	0,6	1,1	0,3	1,0	7,5	100	11	7	3,5
8,80	8,50	8,55	0,6	1,2	0,3	1,05	7,6	99	12	3	3,0
8,80	8,50	8,65	0,65	1,2	0,3	1,05	7,5	99	12	6	3,0
8,80	8,60	8,55	0,6	1,1	0,4	1,05	7,55	99,5	11	6	3,0
8,90	8,60	8,50	0,7	1,2	0,3	1,0	7,55	100	12	6	3,5
8,80	8,50	8,50	0,5	1,1	0,3	1,0	7,6	100	11	7	3,5
8,85	8,50	8,50	0,6	1,0	0,3	1,0	7,5	99,5	11	7	3,0
8,80	8,60	8,65	0,6	1,0	0,3	1,0	7,6	99,5	12	6	3,5
8,80	8,50	8,50	0,5	1,0	0,3	1,1	7,55	99,5	12	6	3,5
8,80	8,60	8,60	0,5	1,1	0,3	0,9	7,5	100	12	7	4,0
9,00	8,60	8,65	0,5	1,0	0,35	1,0	7,6	99	12	6	3,0
8,90	8,60	8,55	0,6	1,0	0,3	1,0	7,6	100	11	7	3,0
8,90	8,50	8,65	0,55	1,0	0,35	1,1	7,55	99,5	12	6	3,5
9,00	8,60	8,60	0,5	1,0	0,35	1,0	7,5	99,5	11	7	3,5
Průměrné rozměry výsledků.											
8,88	8,56	8,57	0,59	1,08	0,32	1,08	7,56	99,6	11,6	6,0	3,4

Tab. 3.



Rozměry profilu kápky / M 10 : 1/.

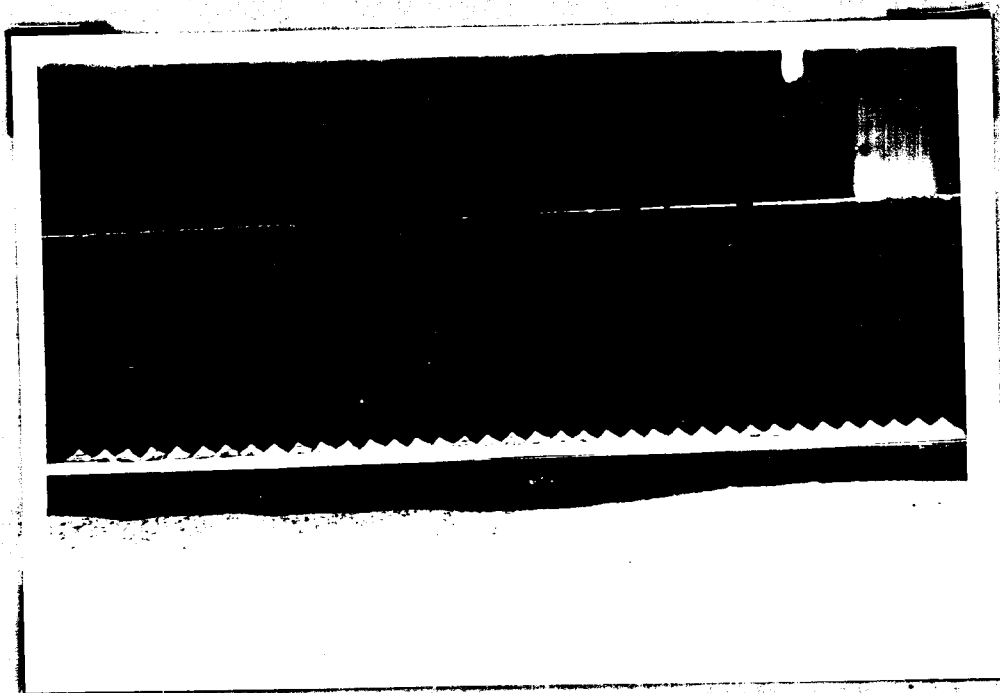
Obr. 23.



Výlisk z průměrných hodnot / M 20 : 1 /.

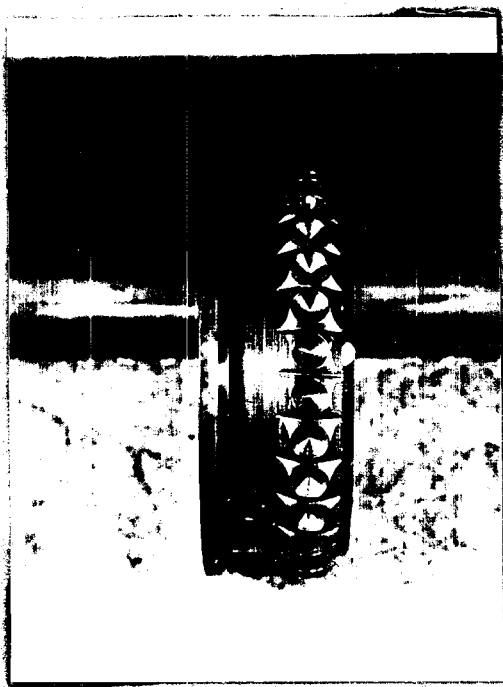
Obr. 24.

školním pracovišti. Výsledkem bylo získání řady vylisků se známými vzájemně přifazeny kaplíky na obvodě rolny /obr. 25./



Obr.25.

Jednalo se o vylisky špičky s ploškou velikost ss 40 z ocelových roln průměru 120 mm /obr.26, 27/.



Obr.26.

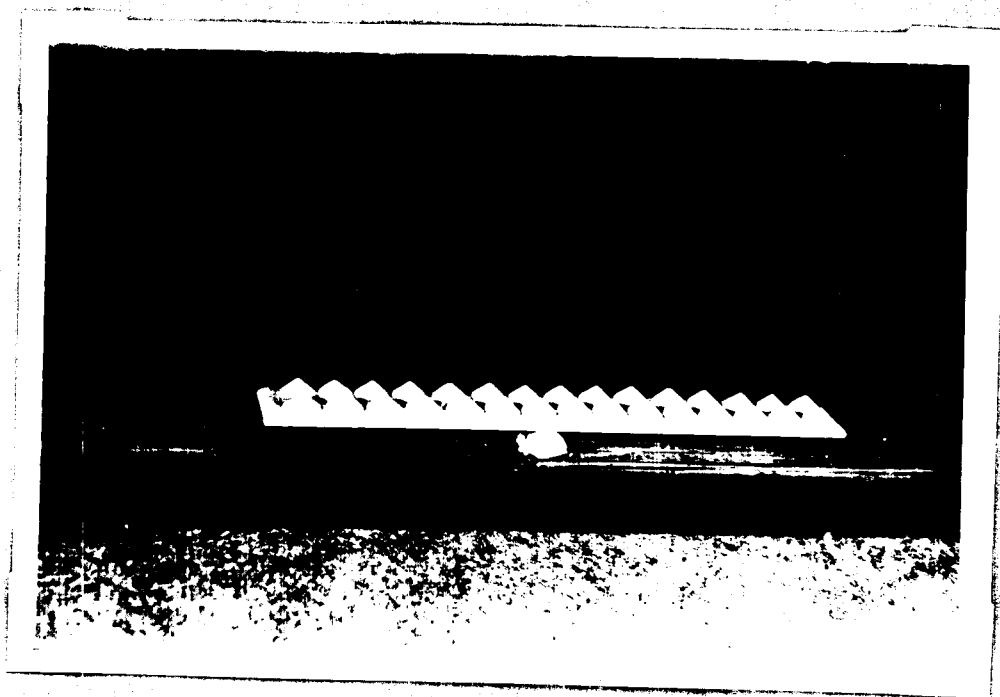


Obr.27.

Rozměry jednotlivých kaplíků se získaly pomocí jejich obtisků. Jako obtisková hmota byl použit "Modelit", který lze teplem vytvrdit /obr. 28, 29/. Výlisky a vytvrzené obtisky kaplíků byly proměřovány na profilu projektoru zvětšením 20:1.



Obr. 28.



Obr. 29.

Výsledky pro výlisky jsou v tabulce 4, označení rozměrů jako v tabulce 3.

Délkové hodnoty v tabulce jsou v mm.

č.	D	D ₁	D ₂	B ₁	B ₂	L ₁	L	V	α°	β_1°	β°	γ°
1	9,4	9,0	9,0	0,75	1,5	0,3	1,1	7,75	103	14	8,5	3,5
2	9,45	8,95	9,0	0,75	1,3	0,3	1,1	7,7	104,5	15	8	3,5
3	9,5	9,0	9,05	0,80	1,3	0,25	1,15	7,7	104	15	11	3,5
4	9,45	8,95	9,05	0,85	1,2	0,25	1,2	7,7	103	14,5	12	3,5
5	9,5	9,0	9,05	0,80	1,3	0,25	1,15	7,65	104,5	15	10	3,5

Tab. 4.

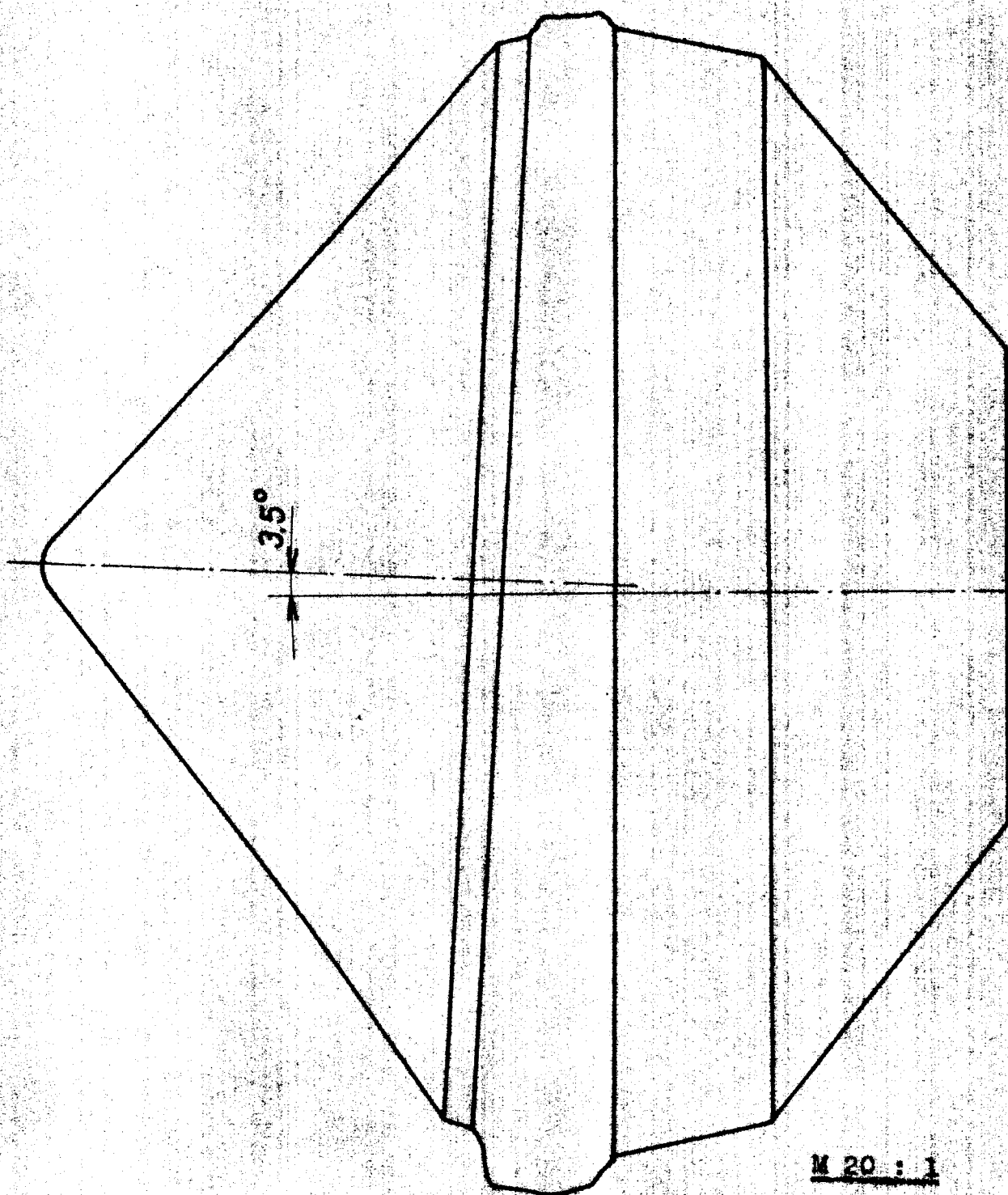
Výsledky měření obtisků forem jsou v tabulce 5. Hodnoty V_1 a V_2 jsou patrné z obr. 23.

Délkové hodnoty v tabulce jsou v mm.

č.v.	D	D ₁	D ₂	L ₁	L	V ₁	V ₂	α°	β°
1	9,25	8,85	8,85	0,15	1,1	3,65	3,35	100,5	11
2	9,3	8,85	8,83	0,20	1,05	3,70	3,25	101	11,5
3	9,3	8,85	8,80	0,15	1,10	3,60	3,25	101	11,5
4	9,25	8,80	8,85	0,15	1,15	3,70	3,10	101	11,0
5	9,30	8,80	8,90	0,20	1,10	3,75	3,00	101	11,5

Tab. 5.

Z porovnání výsledků obou tabulek 4. a 5. je patrné, že výlisky byly těsně po lisování mírně natahovány rychlejším pásem. Rozměry výlisku ve směru pohybu jsou větší než příslušné rozměry profilu kaplíku ve směru kolmém/ axiálním /. Nejpresnější profil kaplíku má výlisek č. 4, proto je nakreslen na obr.30., který je pro další použití.



Profil výlisku špičky s ploškou vel. ss 40, s rolny 120 mm.

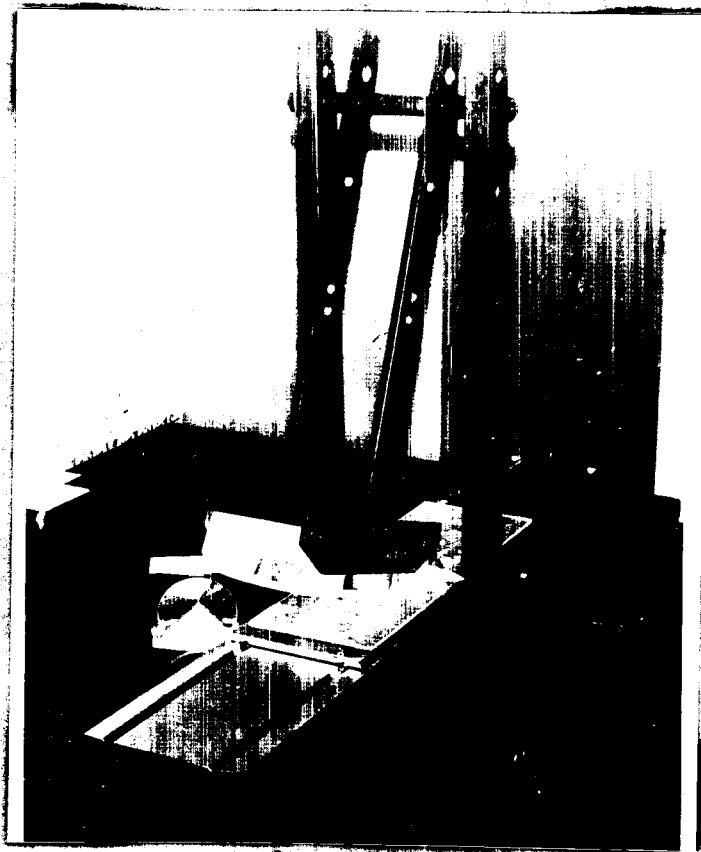
Obr. 30.

6. Modelování práce rolny.

Chceme-li popsat nějaký složitý děj, je nejvhodnější jej modelovat pomocí modelu, který se mu co nejvíce blíží. Pomocí modelu též můžeme navrhovat a odzkoušet změny, které vzniknou na př. novou konstrukcí.

Proto byla snaha namodelovat funkci nástroje rotačního mačkadla. V diplomové práci je navržen model rotačních forem, který umožňuje odzkoušet různé tvary výlisků pro různé používané průměry rolen. Proměněním vymodelovaných výlisků lze pak tyto porovnat s výlisky optimálními, skutečnými⁸ geometricky odvozenými. Tím zjistit, zda se modelování blíží skutečnému ději.

Pro názornost a možnost snadného proměnění byl zvolen model v měřítku 10:1 v porovnání se skutečnými rotačními nástroji. Konstrukce je názorná s konstrukčního výkresu a vlastního modelu /obr.31/.



Obr. 31.

Při modelování práce rotační formy se vychází ze zjednodušujícího předpokladu, že tvarování lze rozdělit rovinou proloženou osami rolen na dva samostatné procesy lisování. Nalisování jedné a druhé půlky výlisku. Tento zjednodušující předpoklad se neprojeví u modelování souměrného výlisku podle uvedené roviny. Určité nepřesnosti je možné se dopustit u nesouměrných profilů podle roviny broku. U takového výlisku dochází po projití kaplíku hlavní lisovací polohou při dalším pohybu k vzájemnému ovlivňování tlaky vzniklými deformacemi skloviny vlivem odvalování. Vliv má i rozložení viskozity skloviny ve výlisku během tvarování, které je velmi složité. Použití vosků jako modelové hmoty, která by mohla modelovat i zchlazování povrchových vrstev je omezeno vyšší teplotou, při níž by se modelovalo $/60^{\circ}\text{C}/$. Vyhovující vlastnosti vykazuje modelová hmota pod názvem "Modelit". Výhodou této hmoty je možnost vytvrzení vzorku. Tím lze vzorek blíže přeměřovat bez jeho poškození.

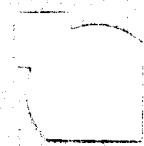
Popis konstrukce modelu.

Základnu modelu tvoří profil U 18, na kterém v drážkách s kulíčkami pojíždí pojížděcí plošina. Ze strany profilu jsou přichyceny dvě stojny. V nich jsou odstupňované otvory pro modelování rolny průměru 120, 113, 95 a 69 mm. V otvorech je uchycen příložník, na kterém je otočně zavěšeno kyvadlo. Na kyvadle jsou jednotlivě přišroubovány tři formy s tvarem kaplíku. Dělenost forem je důležitá při nastavení různých průměrů otáčení, umožňuje jejich vzájemné přestavení pro každý průměr. Formy jsou plexisklové. Mají vyleštěný povrch, což umožňuje pozorovat lisovací děj ve formě. Na pojížděcí plošině je pomocná deska s důvodu snadné manipulace s připravenou hmotou a s výlisky.

Pro modelování byl vzat test výlišku špičky a ploškou velikosti ss 40. Výsledky pak bylo možno porovnat s proměřenými výlišky skutečnými.

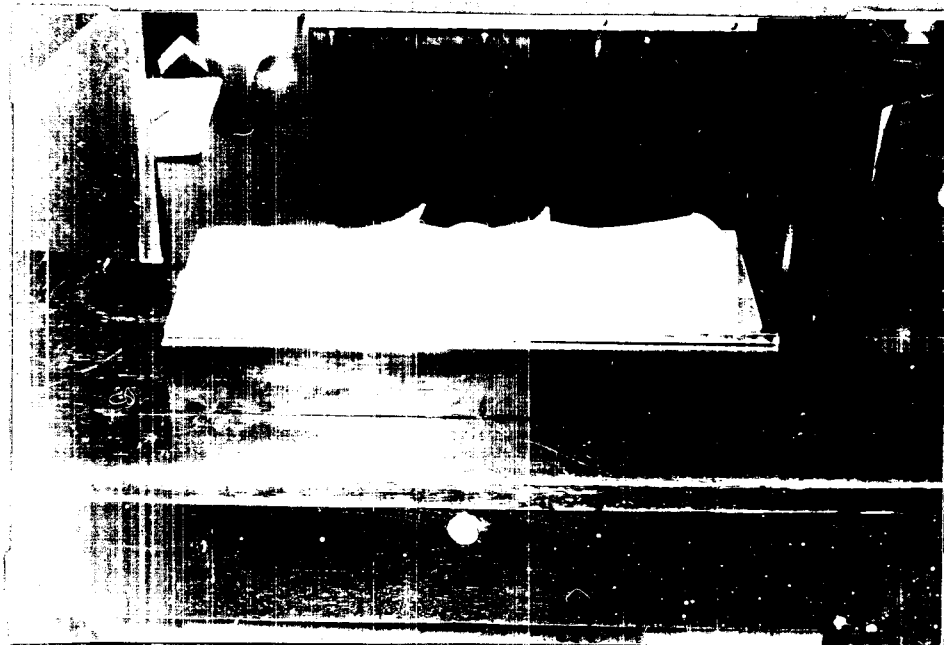
Popis funkce modelu.

Na pomocnou desku se vytvaruje část modelovaného proužky půlkruhového průřezu. Povrch je nutné vyhladit a natřít dělicím prostředkem z důvodu jeho lepení na formy. Jako dělicí prostředek se velmi osvědčil silikonový olej "Silikal", který je k těmto účelům výrobcem doporučován. Příprava forem před lisováním spočívá v přesném nastavení jejich vzdálenosti od pojezdové plošky, v dokonalém očištění a vymazání silikonovým olejem. S takto připraveným modelem se může provést lisování. Při lisování je možné vyvozovat sílu na pojížděcí plošku, na kyvadlo nebo stejnou silou na plošku a kyvadlo. Tlakem na kyvadlo se pohyb přenáší na plošku přes modelovací hmotu/a opačně/. Je zde možný určitý malý sklon mezi pohybem kyvadla a plošky, proto nejdokonalější je současné tlacení. Práce modelu je vidět na obr. 32.



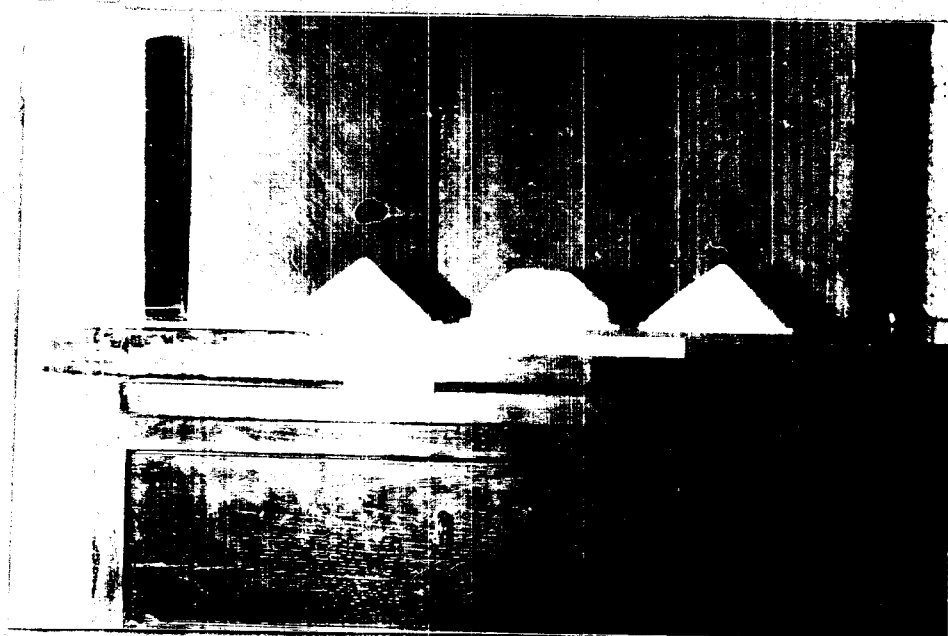
Obr. 32.

Lisováním dostaneme proužek se třemi výlisky, který tvoří model pásku výlíků spojených broken /obr.33/.



Obr. 33.

Z funkce je zřejmé, že nejpřesnější bude první a prostřední výlisek, kdy je zaručena dostatečná synchronizace mezi kyvadlem a pojižďací plošinkou po celý tvarovací cykl. Přesnost třetího výlísku závisí na dokonalosti obsluhy, t.j. do jaké míry se zaručí synchronizovanost při vyjiždění kyvadla se sběru. Takto získané výlisky lze vytvrdit a potom proměřit, nebo je ofotografovat, což je pro modelování výhodnější, protože se šetří modelová hmota, která nelze po vytvrzení dále použít. Ofotografování je výhodnější i pro samotné vyhodnocení profilu výlísku. Obrázek z filmu je možné zvětšit a obkreslit jej na výkres, na kterém snadněji a přesněji určíme všechny rozměry profilu. Fotografie jednotlivých výlísků z roln různých průměrů jsou na obr. 34, 35, 36 a 37.



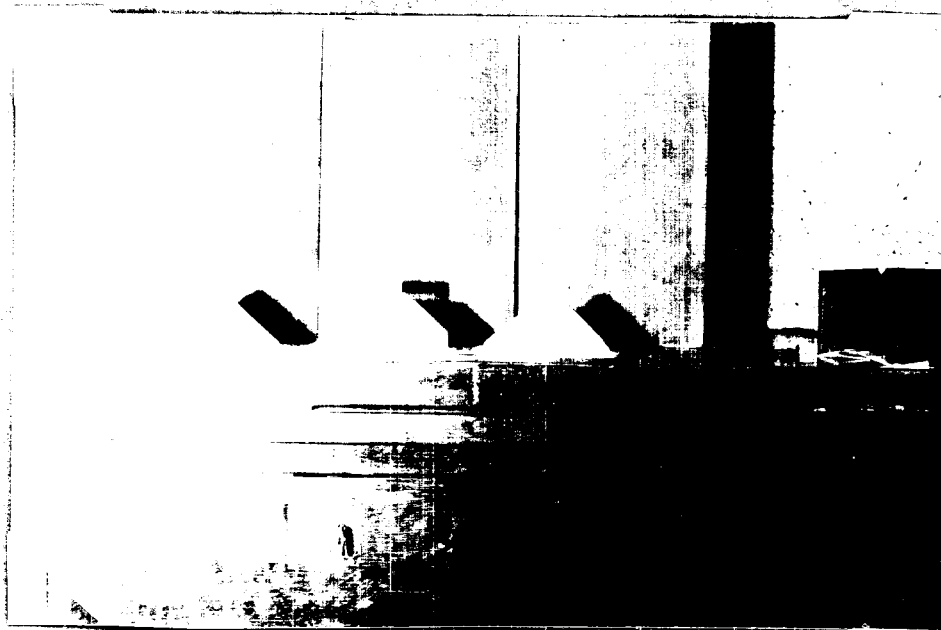
Výlisky při průměru valení 1200 mm.

Obr. 34.



Výlisky při průměru 1130 mm.

Obr. 35.



Vylisky při průměru valení 950 mm.

Obr. 36.



Vylisky při průměru valení 690 mm.

Obr. 37.

V tabulce 6. jsou hodnoty naměřené na modelech výlisku špička s ploškou velikost ss 40 pro průměr rolen 120, 113, 95 a 69 mm.

Profily výlisků byly svěřeny na rozměry $D = 91\text{mm}$ a $D_2 = 88\text{mm}$. Tím je umožněno přehlednější porovnání vzájemné i porovnání s rozměry výlisku danými normou. Vnější a spodní polovina výlisku jsou spojeny v jeden podle roviny podložky, na které jsou vylisovány. Tím vznikne profil celého výlisku. Hodnoty jsou v mm.

D	D ₁	D ₂	B ₁	B ₂	L ₁	L	V	α°	β_1°	β_2°	γ°
pro průměr valení 1200											
91	86	88	4,5	7,5	2	11	78,5	97	10	4	2,5
pro průměr valení 1300											
91	88	88	3,5	7,1	2	12	77	99	11,5	4	2,5
pro průměr valení 950											
91	87	88	2,8	8,4	2	12,5	78,5	99	16	4	4,5
pro průměr valení 690											
91	89	88	3,0	9,5	2	12	81	97	7	4,1	6,0

Tab.6.

Zhodnocení výsledků modelování.

Hlavní pozornost je věnována rozměrům B_1 a B_2 /na skutečném výlisku jsou to rozměry broku v jeho přední a zadní části/ úhlu γ , což je úhel vzájemného natočení os polovin profilů výlisku.

Poměr $B_2 : B_1$ se zmenšujícím průměrem modelu rolen roste. Nejmenší je při průměru otáčení 1200 mm /1,67/ a největší průměru 690 mm /3,17/.

Úhel vzájemného naklonění os polovin výlisku γ rovněž roste se zmenšujícím se průměrem valení /2,5° až 6°/.

Na obrázku 40. jsou nakresleny spojené půlky profilů modelu výlisku pro průměr valení 1200 mm v měřítku 2 : 1, na obr. 41. je rovněž nakreslen spojený profil pro odvalování při průměru 1130 mm v měřítku 2 : 1. Nákreasy jsou zhotoveny pro další použití.

Hlavní zhodnocení ve vzájemném porovnání modelu výlisku s výliskem normovaným, skutečným, teoreticky lisovaným a geometricky odvaleným, je provedeno v další kapitole.

7. Porovnání výsledků.

Pro výlisk špička s ploškou velikost ss40 jsou získány pro průměr rolky 120 a 113 mm rozměry profilu výlisku:

normalizovaného /optimálního/
skutečného
modelovaného
teoreticky lisovaného
geometricky odvaleného

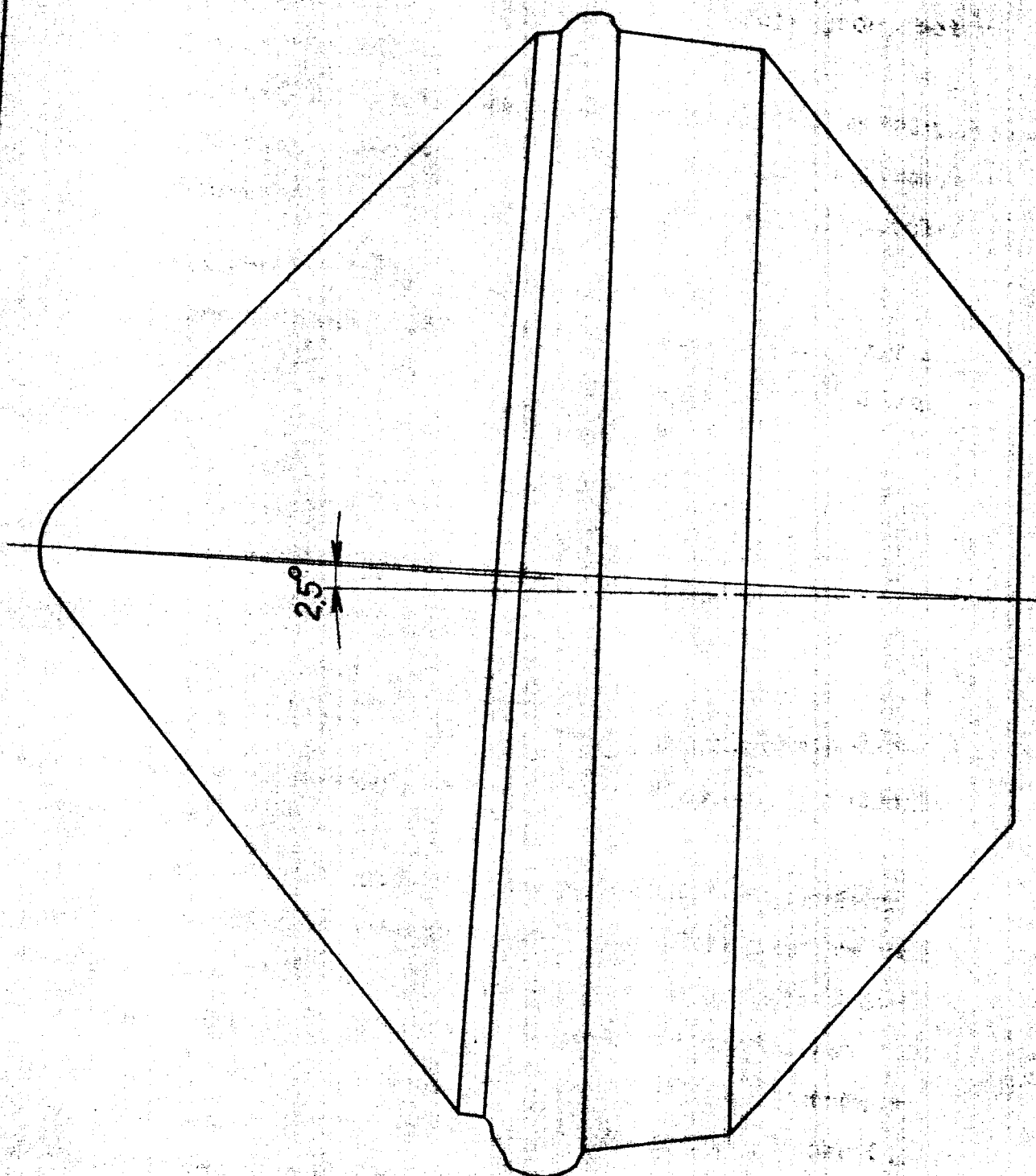
Porovnání jednotlivých profilů je provedeno pro průměr valení 120 mm na obrázku 42., pro průměr 113 mm na obrázku 43. Průměr valení 120 mm.

Jednotlivé profily jsou zakresleny do jednoho obrázku.

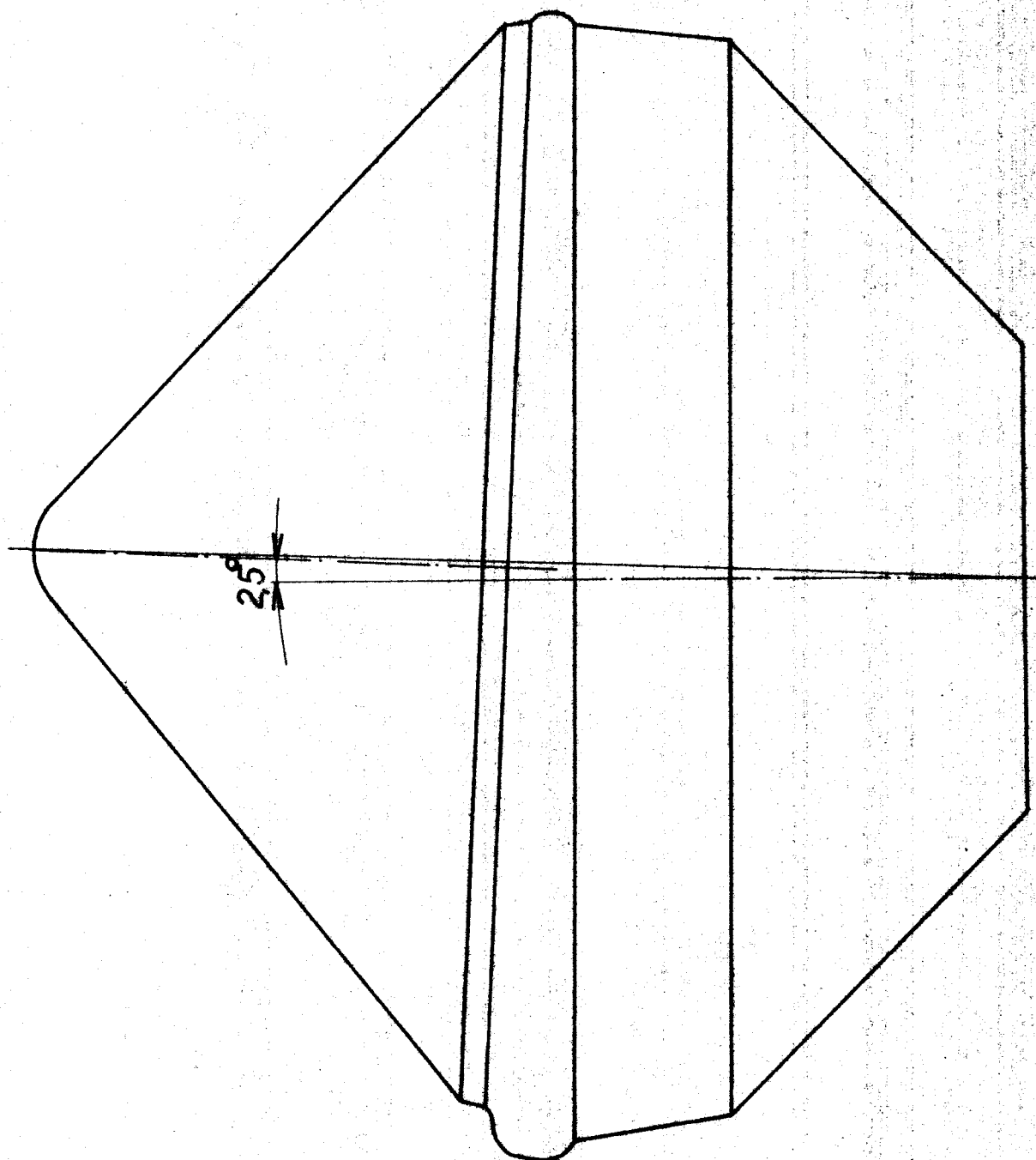
Rozměry profilů se navzájem liší. Hlavně se liší ve vzájemném oddálení obou polovin /tloušťce braku /. Průměr skutečného výlisku je větší oproti normalizovanému /na $\Delta D = 0,35$ mm/. Profil modelu je zvětšen k profilu skutečnému.

Normalizovaný /optimální/ výlisk má tloušťku braku 0,3 mm. Tyto rozměrové odchylky nejsou ve vzájemném porovnání profilů příliš na závadu, činí nákrese přehlednější. U profilů se hlavně srovnávají tvary obrysových čar /u přímkových jejich směrnice/, dále rozdíl tloušťky braku v přední a zadní

-54-

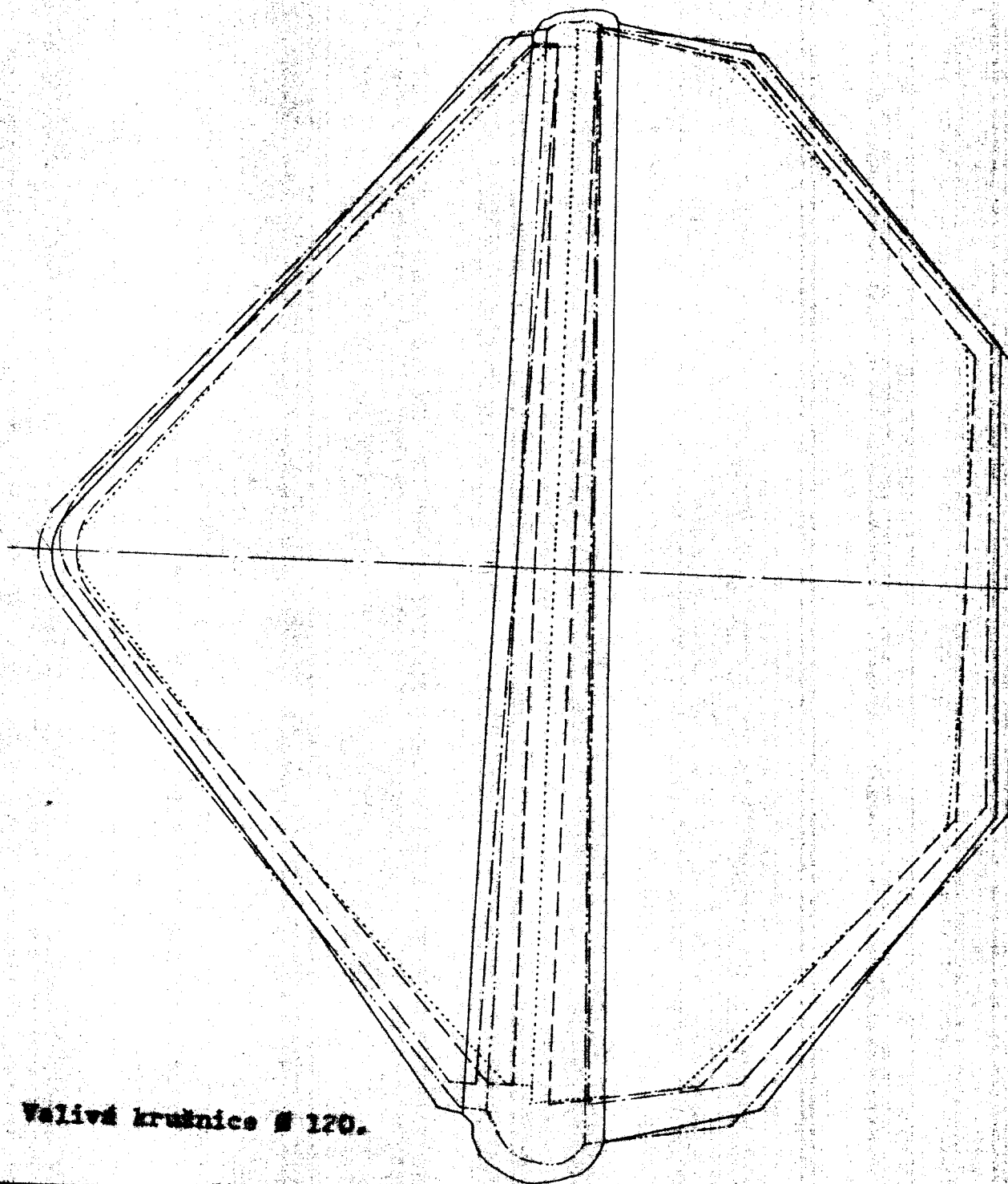


Profil modelu výlišku pro ϕ 1200 mm / N 2 : 1 /
Obr. 40.



Profil modelu výlietku pro Ø 1130 mm / M 2 : 1 /.

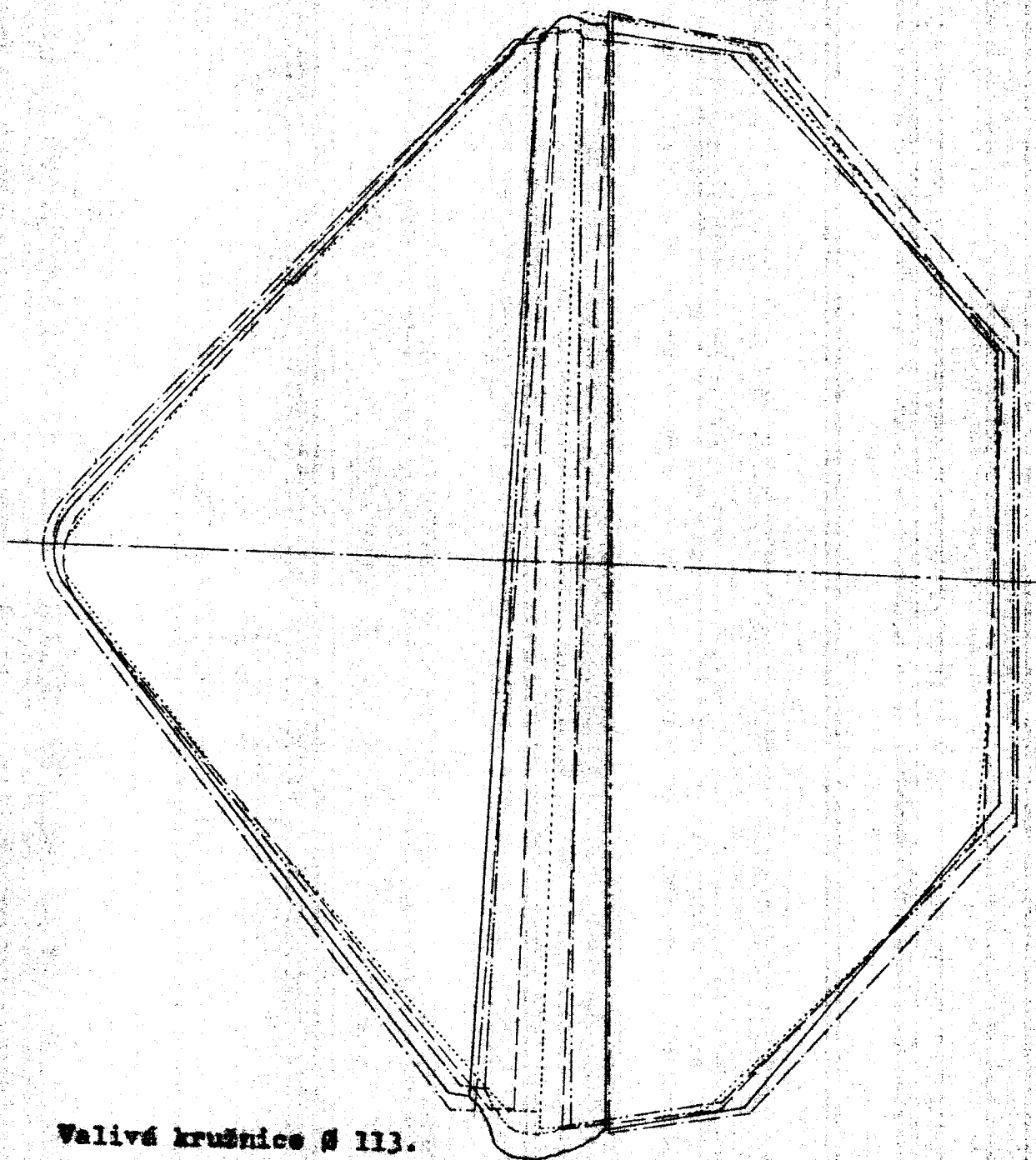
Čar. 41.



Valivá kružnice # 120.

- profil skutečného výlisku
- profil modelovaného výlisku
- profil odměřeného výlisku
- profil normalizovaného v.
- profil geometricky odvozeného v.

Obr. 42.



Valivá kružnice § 113.

- profil skutečného výsledku
- - - - - profil modelovaného v.
- · - · - - profil odvozeného v.
- - - - - profil normalizovaného v.
- · · · · profil geometricky odvozeného v.

Obr. 43.

části výlisku. Nerovnost přímkových čar profilů je zapříčiněna ve vzájemném natočení polovin výlisku, v rozměrových odchylkách formy skutečného výlisku a tím, že skutečný výlisek byl při opuštění rolen natáhnut.

Rozdíly v tloušťce broku $B_2 - B_1$ jsou u výlisku:
skutečného 0,49 mm
modelovaného 0,36 mm
odvozeného 0,60 mm.

U modelovaného výlisku je malý rozdíl způsoben usikáním modelovací hmoty mezi formou a podložkou oproti skutečnosti, proto se stlačovaná hmota více dostává z formy při dolisovávání. U skutečného děje je sklovina v masce mezi rolnami více schlazená /má větší viskozitu/ a tím brání odtoku skloviny z forem.

Výlisek odvozený má větší rozdíl v tloušťce broku, protože se vychází z předpokladu, že sklovina se nedostane mimo vlastní formu při dolisování.

Skutečný rozdíl v tloušťce broku se pohybuje ve středu rozdílů hodnot broku u modelovaného a odvozeného výlisku.

Skutečný rozdíl je aritmetickým průměrem hodnot rozdílů u modelovaného a odvozeného

$$\frac{0,36 + 0,60}{2} = 0,48 \text{ mm}$$

Skutečný úhel vzájemného natočení polovin výlisku je opět mezi hodnotami úhlů u modelovaného a odvozeného, blíží se více odvozenému výlisku, protože se bere úhel mezi spojnicí vrcholu a středu základny u poloviny špičky a spojnicí středu základny a středu plošky u poloviny saploškov. Jinak úhel vzájemného natočení přímo souvisí s rozdílem tloušťek broku.

Pro průměr valivé kružnice 113 mm platí totéž co pro průměr 120 mm.

Ze vzájemného srovnání profilů plyne, že chceme-li lisovací pochod modelovat na stávajícím modelu, je nutné odvodit pomocí geometrických závislostí a přihlednutím na lisování teoretický tvar výliisku a pak takto získaný tvar porovnat s tvarem výliisku vymodelovaného. Skutečný profil je mezi získanými profily.

8. Návrh nové konstrukce rotační formy.

Největší odchylky tvaru výliisku skutečného od normalizovaného jsou v rozměrech braku a ve vzájemném natočení půlek výliisku. Proto je snaha o zlepšení výliisků zaměřena právě na tyto vady.

Natočení půlek výliisku by se dalo odstranit při výrobě rotačních forem tak, že vyrobíme kaplík na rolně o příslušný úhel natočený proti směru otáčení. Tím by se při dolisování vytvořil výlisek, jehož polovina by měla totéž osu /rovnoběžnou při vzájemném přesazení/.

Pouhým natočením kaplíků by se neodstranila nestojnost braku v přední zadní části výliisku. Aby byl brak rovnoměrný a menší, musely by i řezací plošky kaplíků být natočeny o příslušný úhel. Znamená to vytvořit po obvodu rolny plošky, které jsou natočeny vůči příslušné tečné rovině. Tím, že největšího přiblížení dvojice rolen je jen na předních hranách kaplíků, se při stejné síle, která se používá k přitlačování rolen, vytvoří menší brak v těchto místech a vzájemné oddálení rolen je menší.

Tyto úpravy na rotačním nástroji jsou různé pro různé výliisky.

Jako příklad je uvedena navrhovaná konstrukce rotační formy průměru 113 mm pro výlisek špička aploškou velikost ss 40. Z konstrukce odvozeného výlisku /obr. 22./ vychází natočení půlky výlisku se špičkou 2° a natočení půlky s ploškou $1,5^\circ$. Při tomto natočení polovina profilu proti směru otáčení je na obrázku 44. nakreslen odvozený profil výlisku při oddálení valivých kružnic o 0,2 mm. Profil vychází souseřový, tloušťky 0,7 mm.

Vzájemné natočení kaplíků bylo namodelováno na modelu rotační formy. Vylisované modely výlisku byly proměřeny, výsledný spojený profil je na obrázku 23. Brok na profilu modelu vychází rovnoměrný. Porovnáním odvozeného a modelovaného se zjistí, že natočením špičky o 2° a plošky o $1,5^\circ$ by měl výlisek být rovný o tloušťce broku 0,7 mm. Hodnoty jsou vzaty pro konstrukci rotační formy, která je na příloze konstrukčního výkresu.

9. Předběžné ekonomické zhodnocení nové konstrukce.

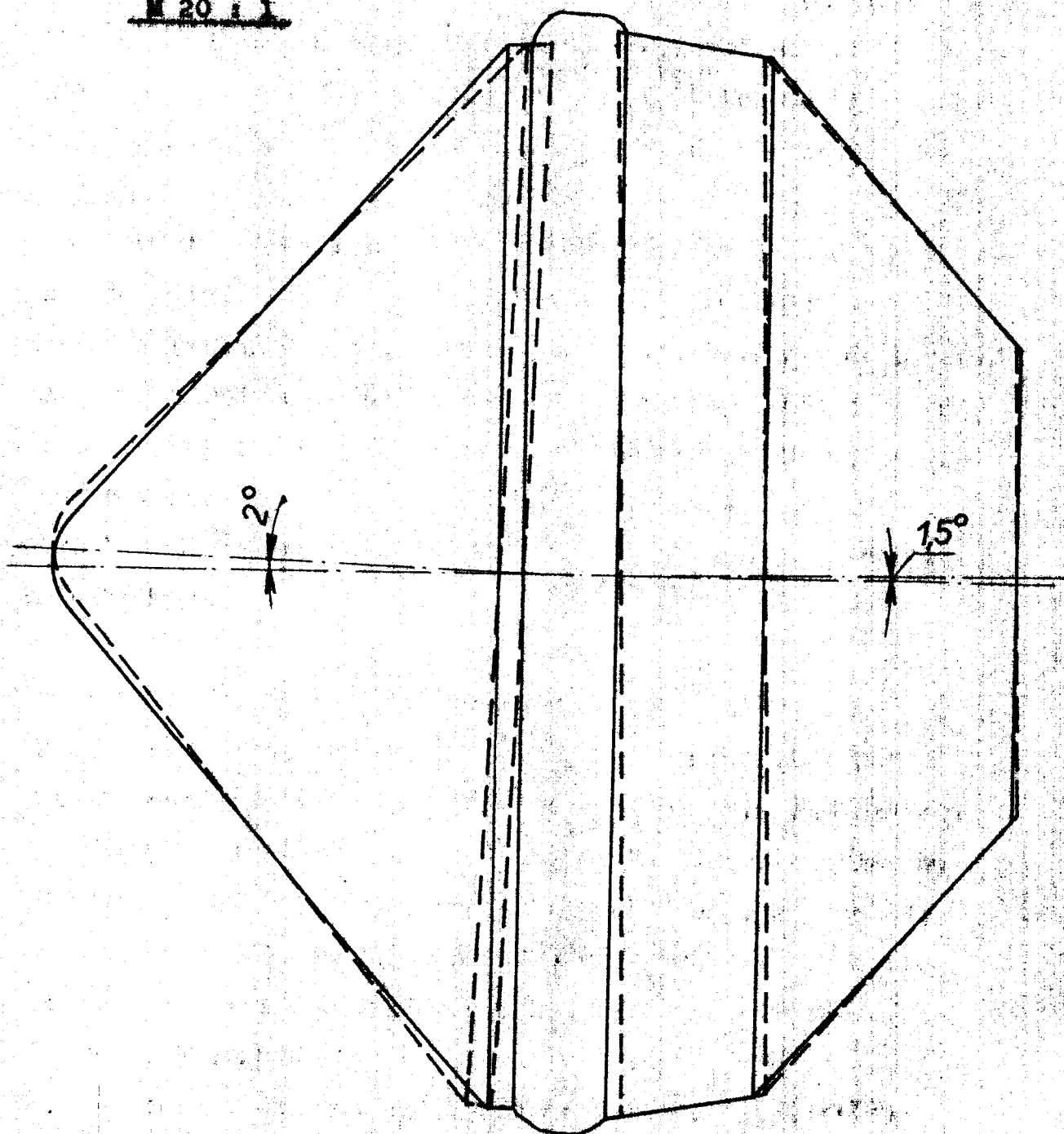
Novou konstrukcí by se měl zmenšit brok u výlisků. Tím by klesla spotřeba skloviny na jeden výlisek. Při značstvích, ve kterých se vyrábí, se každé úspěšné procento skloviny projeví v konečném vyjádření jako značná úspora. Menší význam by mělo i zmenšení průměru výlisku přes brok. Tento průměr je velmi důležitý pro další broušení výlisků na broušicích strojích.

Předběžné ekonomické zhodnocení pro výlisek špička s ploškou velikost ss 40.

Tloušťka broku vychází 0,7 mm při vzájemném oddálení rolen 0,2 mm, průměr broku je 9,1 mm. Objem broku je $V_2 = 45,5 \text{ mm}^3$.

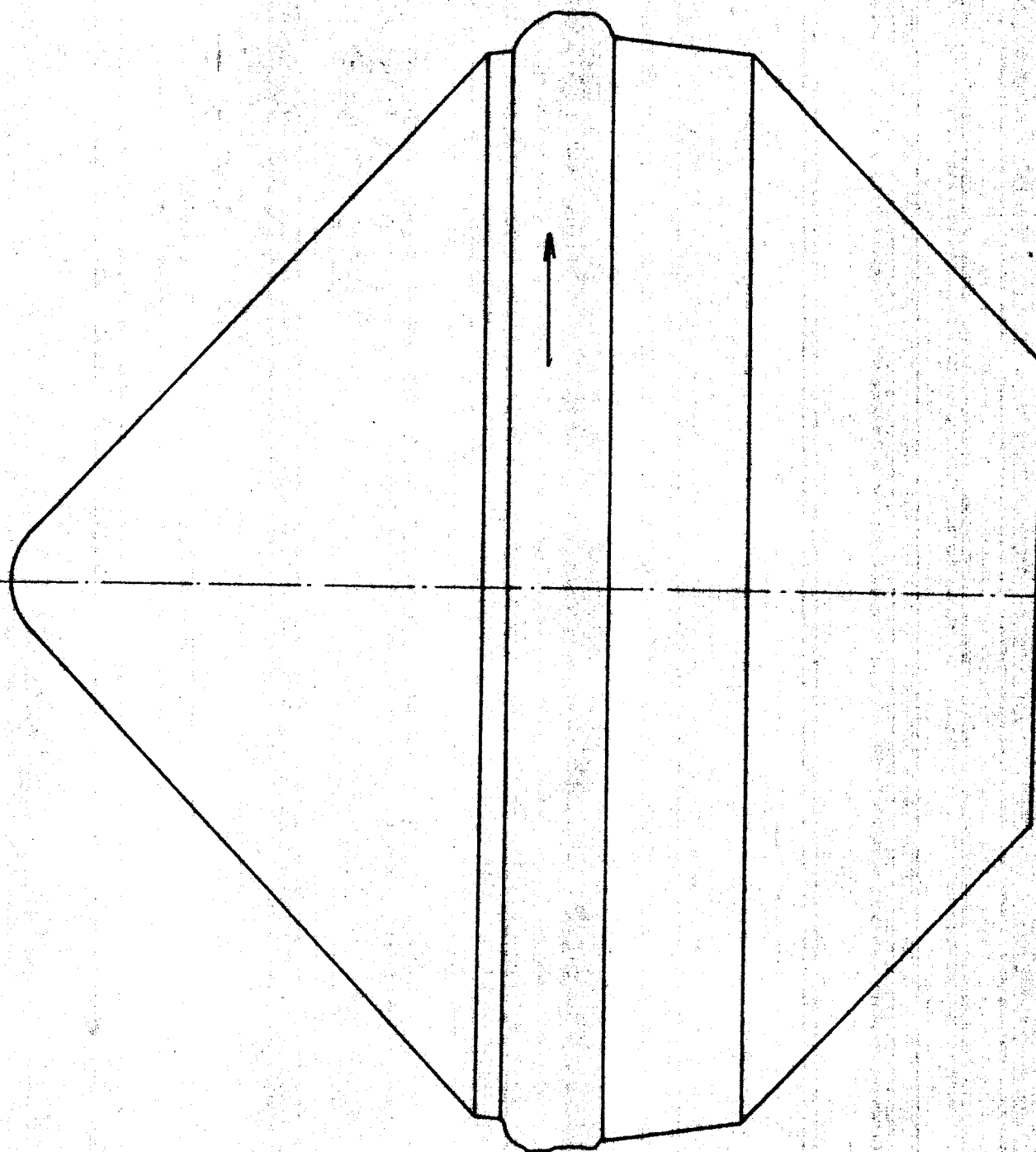
— profil výliaku
- - - profil kaplíku

M 20 : 1



Odvozený výliak z rotační formy a nakloněnými kaplíky.

Obz. 22.



Profil modelu výsledku při nakloněných ferách na modelu.

Obr. 23.

Objem stávajícího broku / $B_1 = 0,6 \text{ mm}$, $B_1 = 1,1 \text{ mm}$ a
 $D = 9,1 \text{ mm}$ / je $V_1 = 55,3 \text{ mm}^3$.

Rozdíl objemů

$$V = V_1 - V_2 = 55,3 - 45,5 = 9,8 \text{ mm}^3 / \text{výlisek}$$

Při měrné hmotnosti skla 2500 kg/m^3 je ušetřená hmotnost
 skla jednoho výlišku

$$m = 9,8 \cdot 0,0025 = 0,0245 \text{ g/výlisek}$$

1200 kusů výlišků má hmotnost 800 g. Jeden kus proto ^{ma} hmotnost
 0,667 g.

Při roční spotřebě skla $9,42 \cdot 10^5 \text{ kg}$ vychází počet výroba-
 ných výlišků za rok

$$n = \frac{9,42 \cdot 10^5}{0,667} = 1,412 \cdot 10^9 \text{ kusů}$$

Je-li na jednom výlišku ušetřeno 0,0245 g, pak je roční
 úspora

$$m_n = 1,412 \cdot 10^9 \cdot 0,0245 = 34,6 \cdot 10^6 \text{ g} = 34600 \text{ kg}$$

Na př. při ceně skla 4,65 Kčs/kg by vyšly ušetřené náklady
 na tomto druhu výlišku za rok

$$u = 34600 \cdot 4,65 = 161\ 000 \text{ Kčs/rok.}$$

10. Závěr.

V této diplomové práci je provedena rešerše stávajících způsobů návrhů rotačních forem. Dále je proveden geometrický rozbor odvalovacího procesu pro jednoduché profily i pro profily některých výlišků. Z geometrického rozboru se vychází při odvozování tvaru výlišku s přihlédnutím na lisovací pochod mezi nástroji. Pro odskoušení různých možností dokonabrake rotačního nástroje byl sestaven model nástroje. Je ukázáno, že je možné pro jakýkoliv profil kapličky najít profil výlišku. Bude upřít profil kapličky pro daný profil výlišku.

Při vlastním tvarování mají největší vliv na tvarové odchylky deformace při vyjádření kapličky z lisovací polehy. Zvětšování průměru rolen lze tyto deformace vniklé vlivem odvalovací petlačit. Průměr rotační formy je závislý na velikosti rotačních nákladů i vlastních formami, které by při větších průměrech byly nákladnější. Se zvětšováním průměru roste počet kaplí na obvodu, čímž je větší možnost výskytu vadného kapličky na jedné formě a tím možnost vyřazení celého nástroje.

Je nutné zatím počítat s minimálními průměry rolen 113 a 120 mm a řešit problém odvalování vhodnou konstrukcí. Výsledkem této práce je i konstrukční návrh rotační formy, která počítá s vlivem odvalování. Výlišky z těchto rolen by měly mít lepší kvalitu oproti stávajícím. Bude-li konstrukce odskoušena a potvrdí-li se předpoklady, pak by bylo možné přejít na lisování výlišků jednak s většími požadavky na přesnost a jednak větších rozměrů na dnes používaných průměrech rolen.

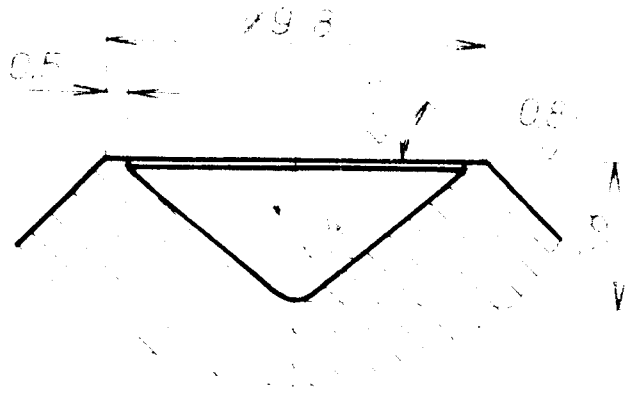
Závěrem bych chtěl poděkovat konzultantu Ing. Antonínu Havelkovi za neobyčejnou ochotu, rady a připomínky k otázkám vzniklým při řešení diplomové práce. Dále bych poděkoval konzultantu Ing. Antonínu Schäferovi za odborné konzultace v oblasti praktických otázek a vědeckému práci Ing. Jaroslavu Běldovi, CSc. Děkuji i s. M. Helikarovi za pomoc při výrobě modelu.

Použitá literatura:

- /1/ Šajvi M.: Teorie a výpočty svařených kol. Díl I. SNTL 1957
- /2/ Lochman M.: Měření teplot a lisovacích sil při tvarování na rotačním nářadí BZ 120. DP 242/73
- /3/ Strojnická příručka. Díl II. Matematika. SNTL 1957
- /4/ Úvodní studie výzkumného úkolu. Tiskárna tvarovacích strojů. VÚSAB 1966
- /5/ Tvarování sálovin na rotačních nářadích. Závěrečná zpráva 1972 - 74. KSK - VÚST Liberec
- /6/ Rotační nástroje. Oborová zpráva PJB. 1974
- /7/ Zpráva o řešení jmenovitého úkolu č. 74. 1972
- /8/ Jirman P.: Rozbor tvarovacích podmínek provalky sáloviny na rotačním nářadí. DP 213/74.
- /9/ Bědík J.: Návrh technologie výroby rotačních víceúčelých náradí pro lisování svařených kolíček. DP - ST - 435/66.

TVAR KAPLÍKŮ DLE R47NÍKU

ŘEZ A-A



A

0.8

A

A

A

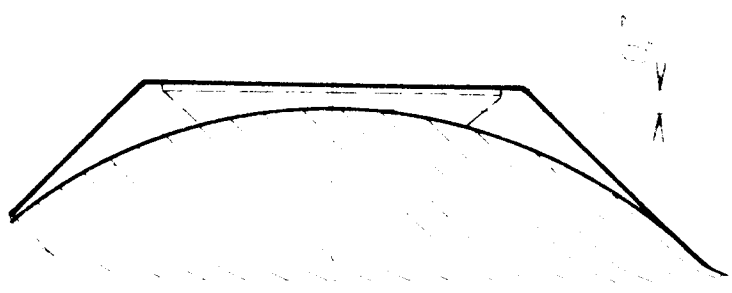
B

SMĚR TĚŽENÍ
ROVNÝ

2°

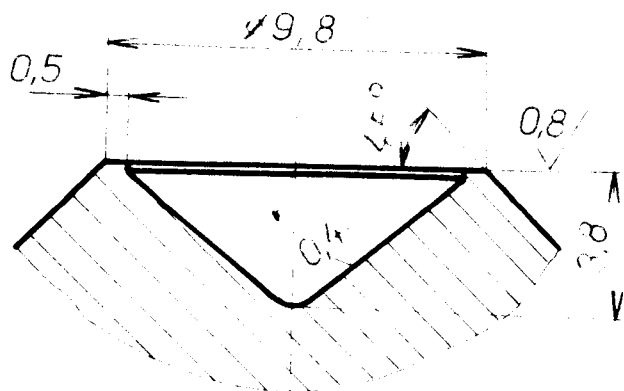
193

ŘEZ B-B



TVAR KAPLÍKŮ DLE RAZNÍKU

ŘEZ A-A



A

60°

P

B

A

B

11°15' x 32

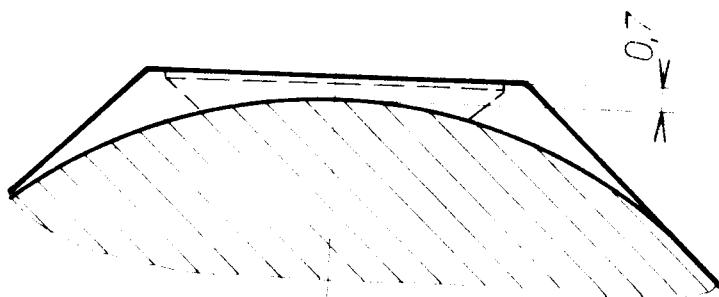
10°

0.5

SMĚR ŮTAŽENÍ
ROLNY

2°

ŘEZ B-B



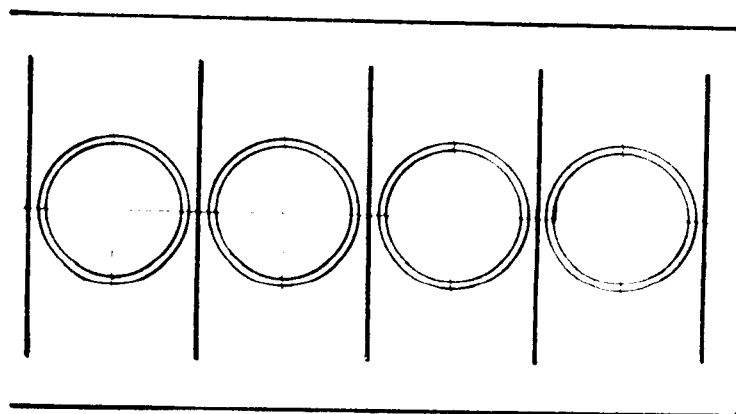
Ø 113

POHLED I
ROZVINUTÝ OBVOD
MĚR 2:1

03 / 147 08



SMĚR OTÁČENÍ
ROLNY



Ø 113

11° 15' x 32

ROZPTYL KAPLÍKŮ V AXIAL. SMĚRU MAX 0,25
2 TYČ Ø120 x 51 ČSN 42 6510 19 802.4 19 802 2 23

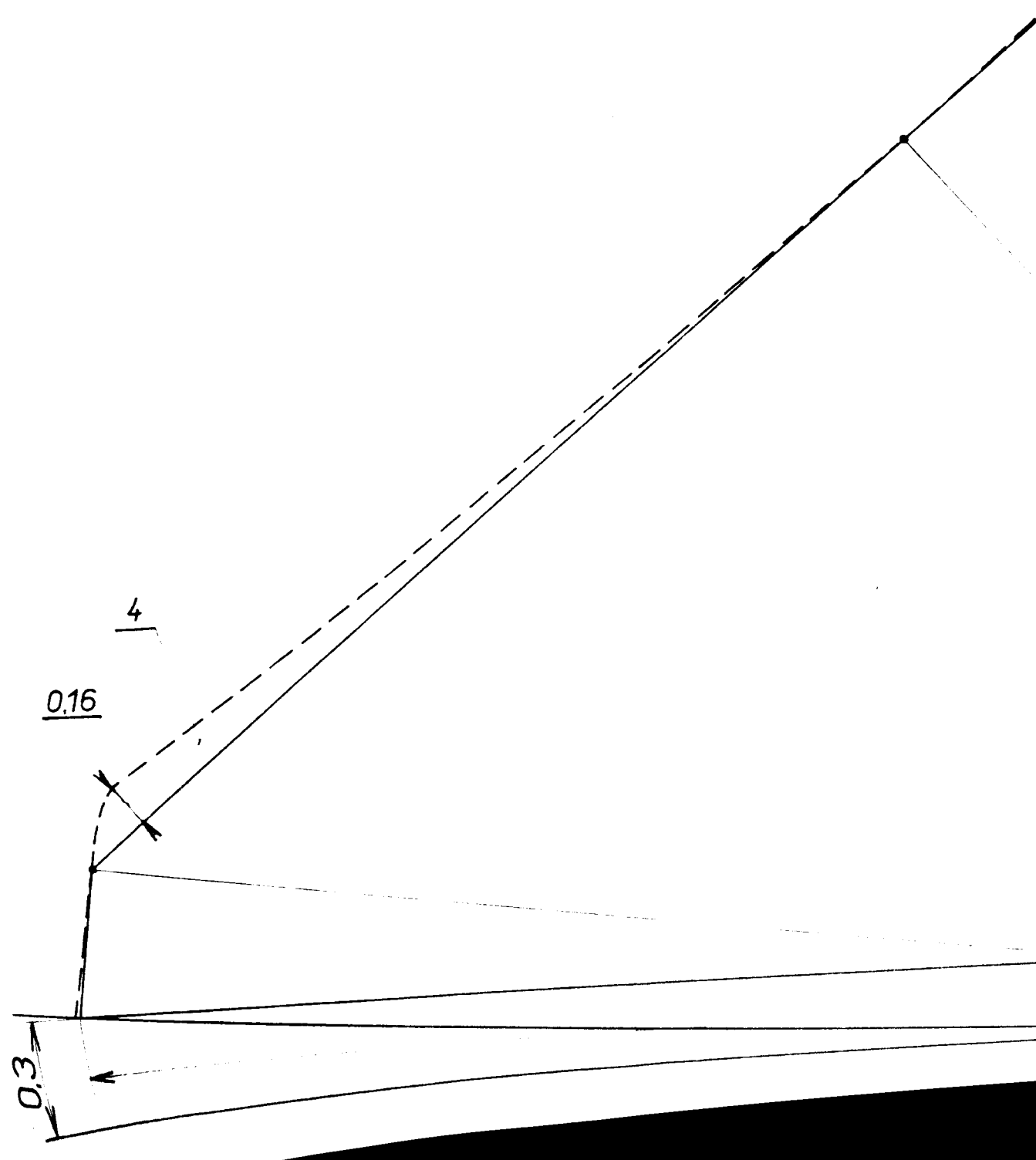
M. KALINA

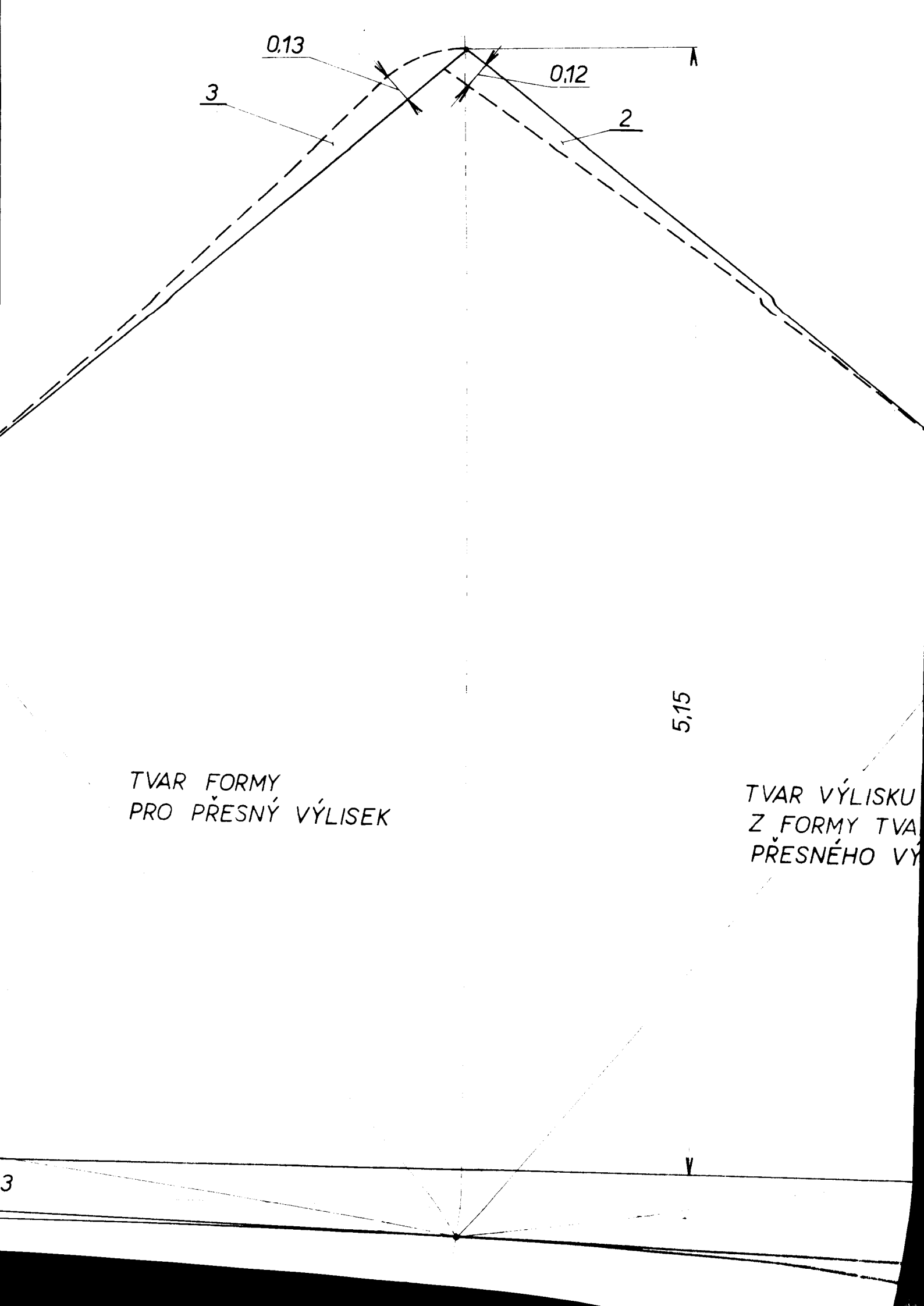
5.1
(2:1)

ROLNA Ø 113
KONSTRUKCE KAPLÍKŮ NA
ROLNĚ PRO SPIČKU S PLOŠKOU
VELIKOST SS 40

3 - 265/76 - 03

PL
-1





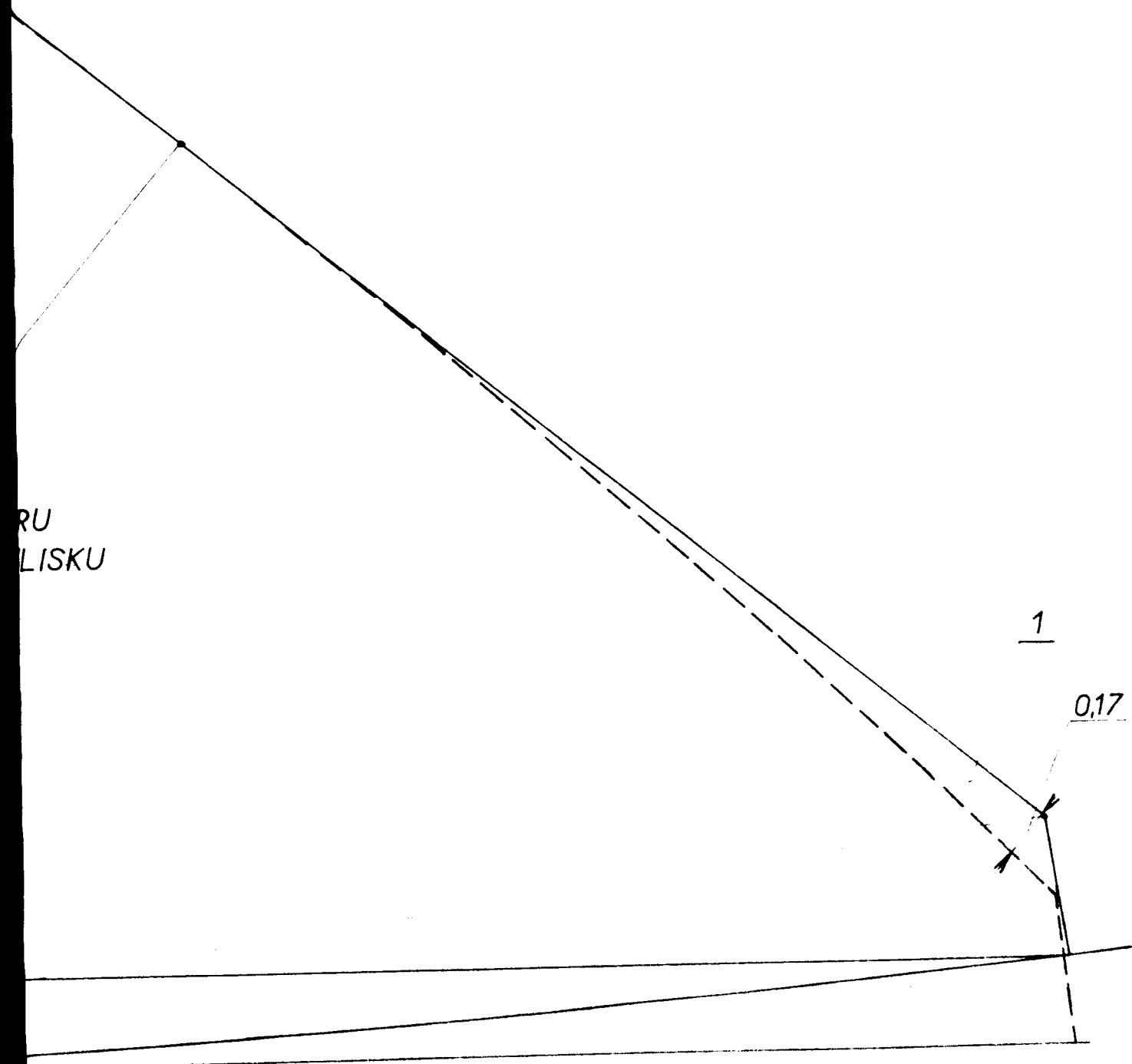
VÝLISEK PRO ŠATONY SMIREK A ŠATONY AURORIT

VELIKOST SS 48

ŘEZ HLAVNÍ ROVINOU

PRŮMĚR ROLNY 113 MM

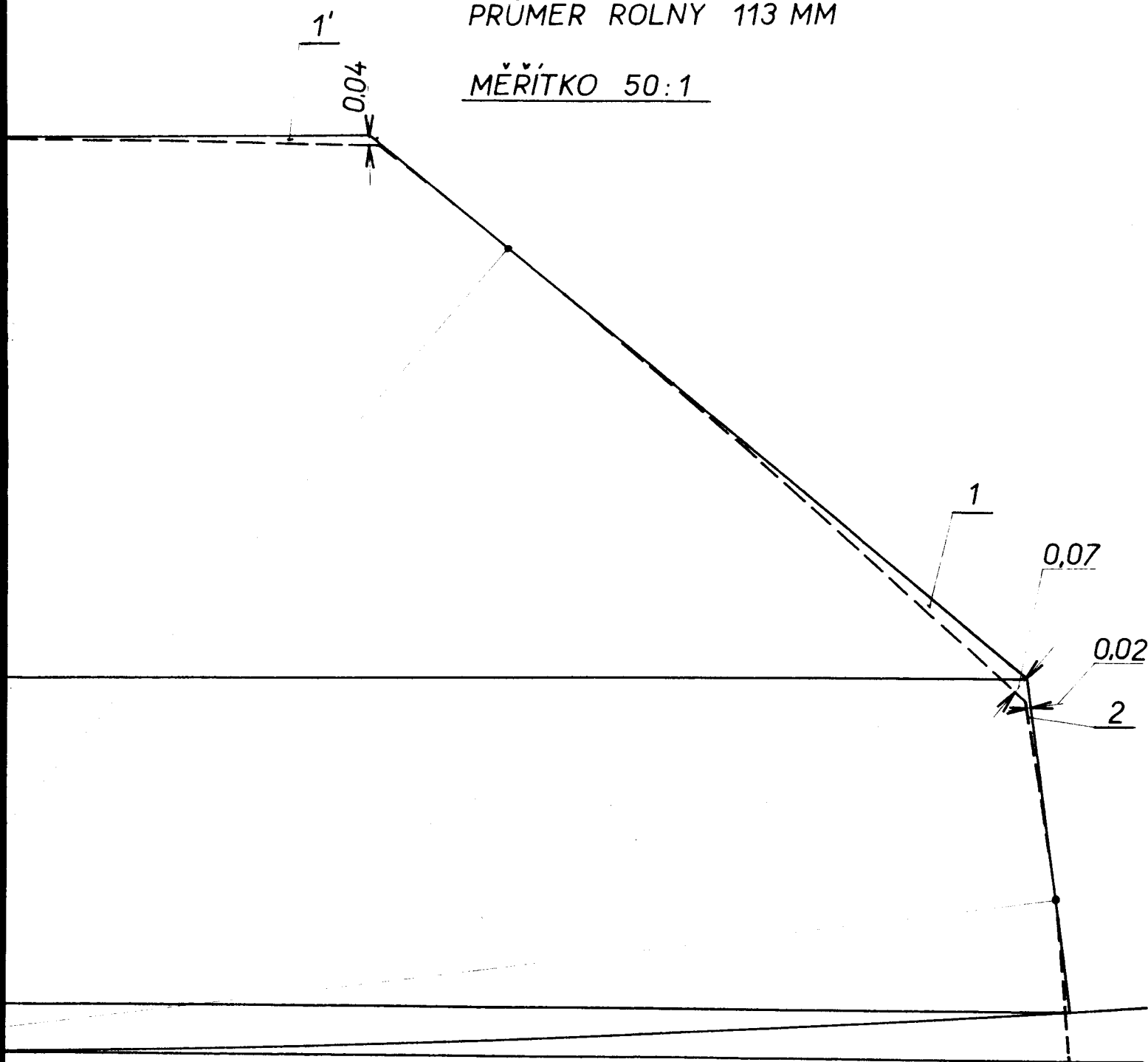
MĚŘÍTKO 50:1



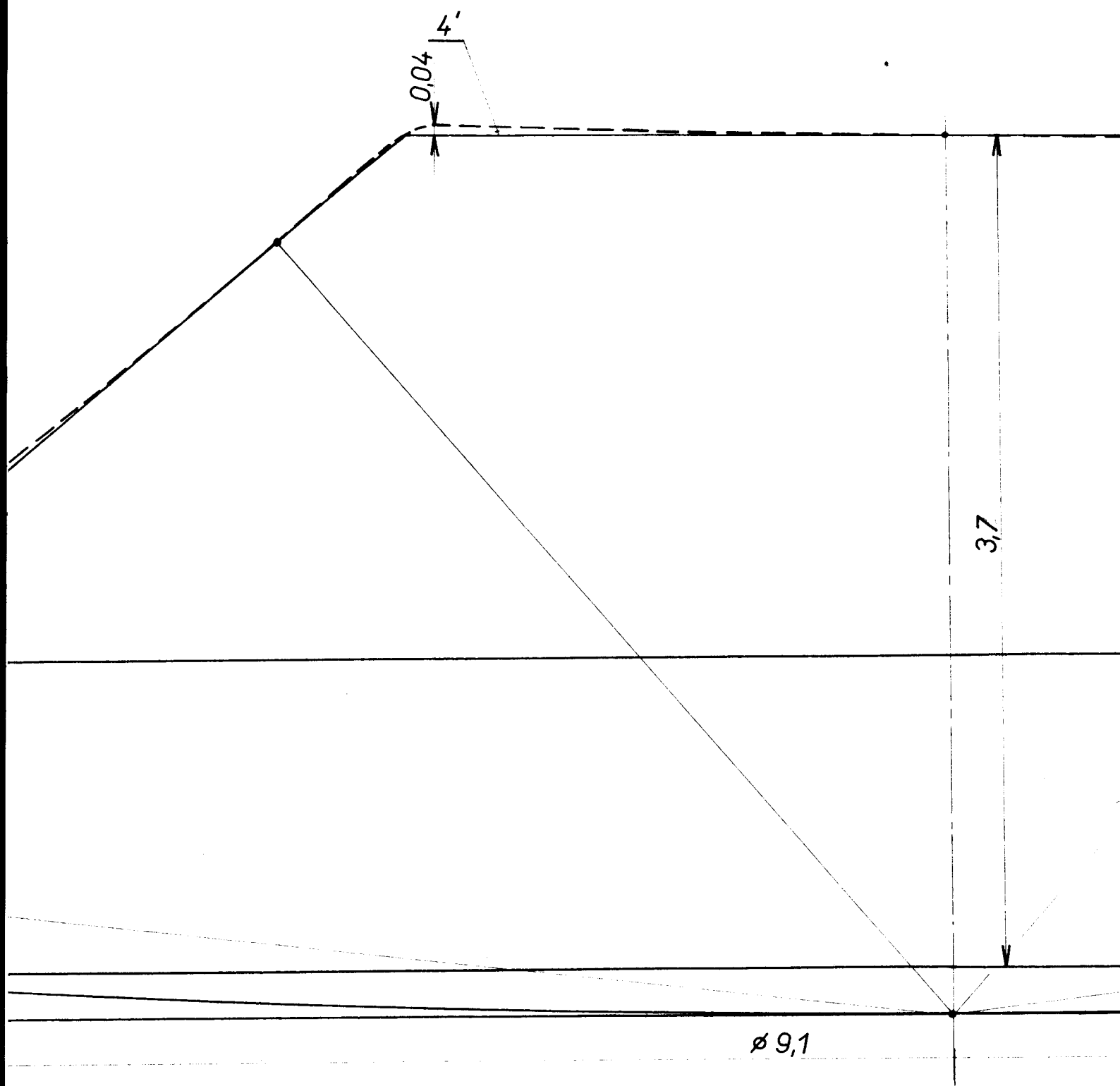
VÝLISEK ŠPIČKA S PLOŠKOU
VELIKOST SS 40

ŘEZ HLAVNÍ ROVINOU
PRŮMĚR ROLNY 113 MM

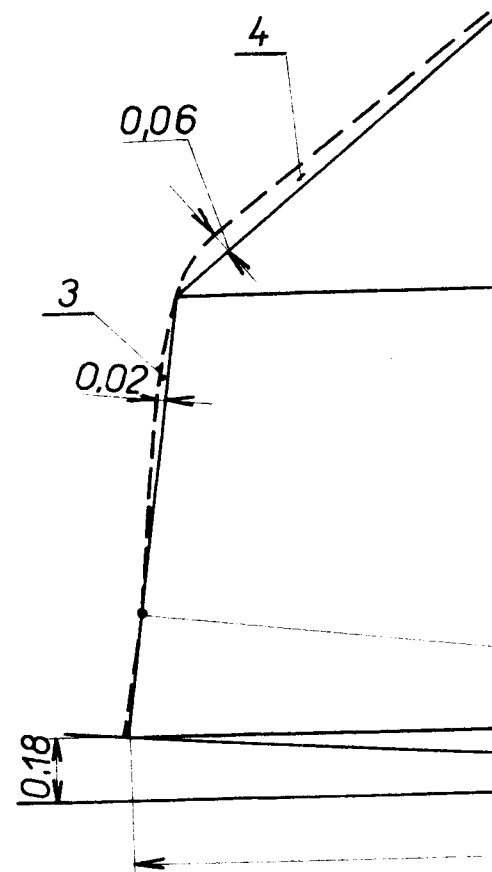
MĚŘÍTKO 50:1



TVAR VÝLISKU
Z FORMY TVARU
PŘESNÉHO VÝLISKU



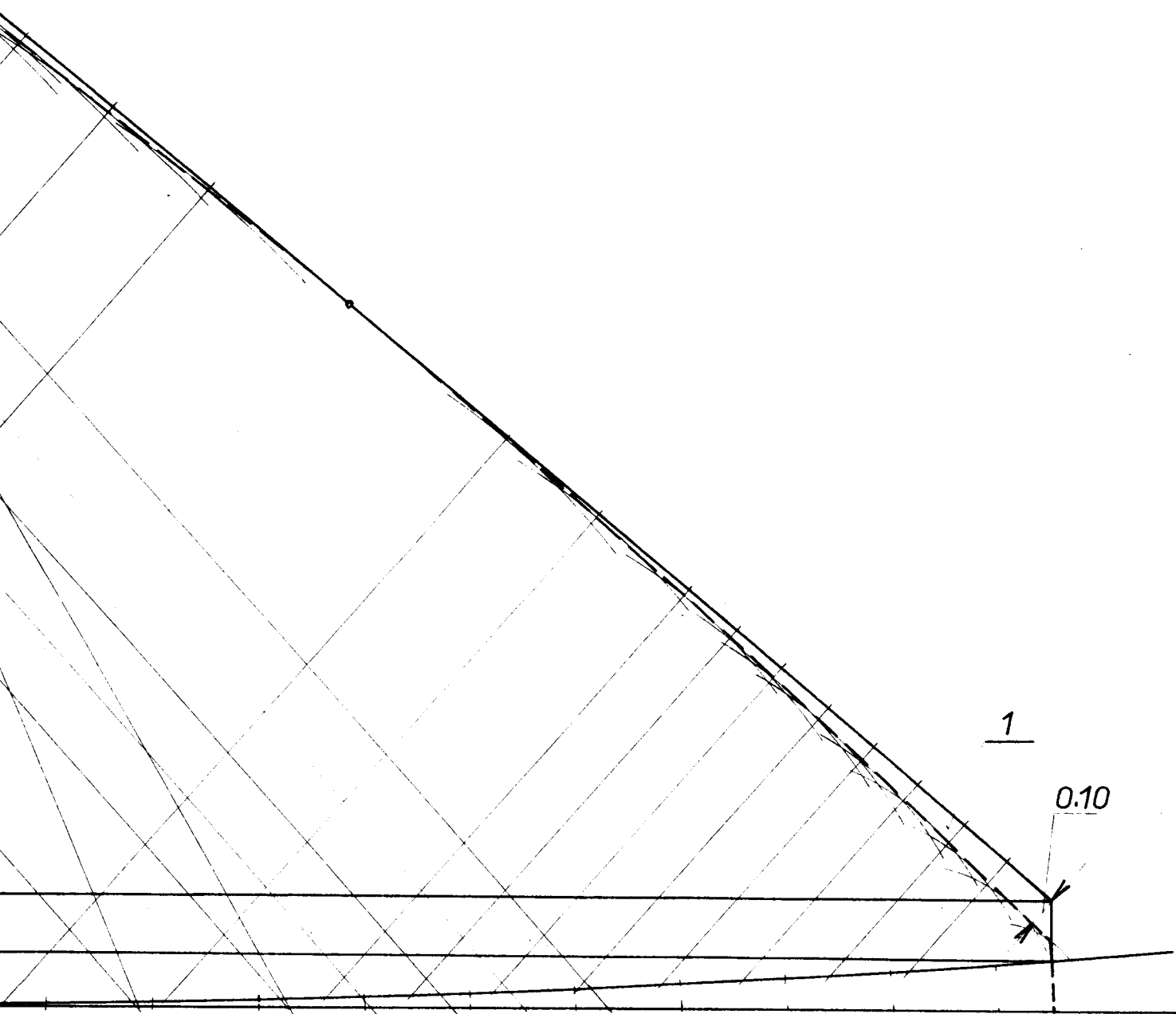
TVAR FORMY
PRO PŘESNÝ VÝLISEK



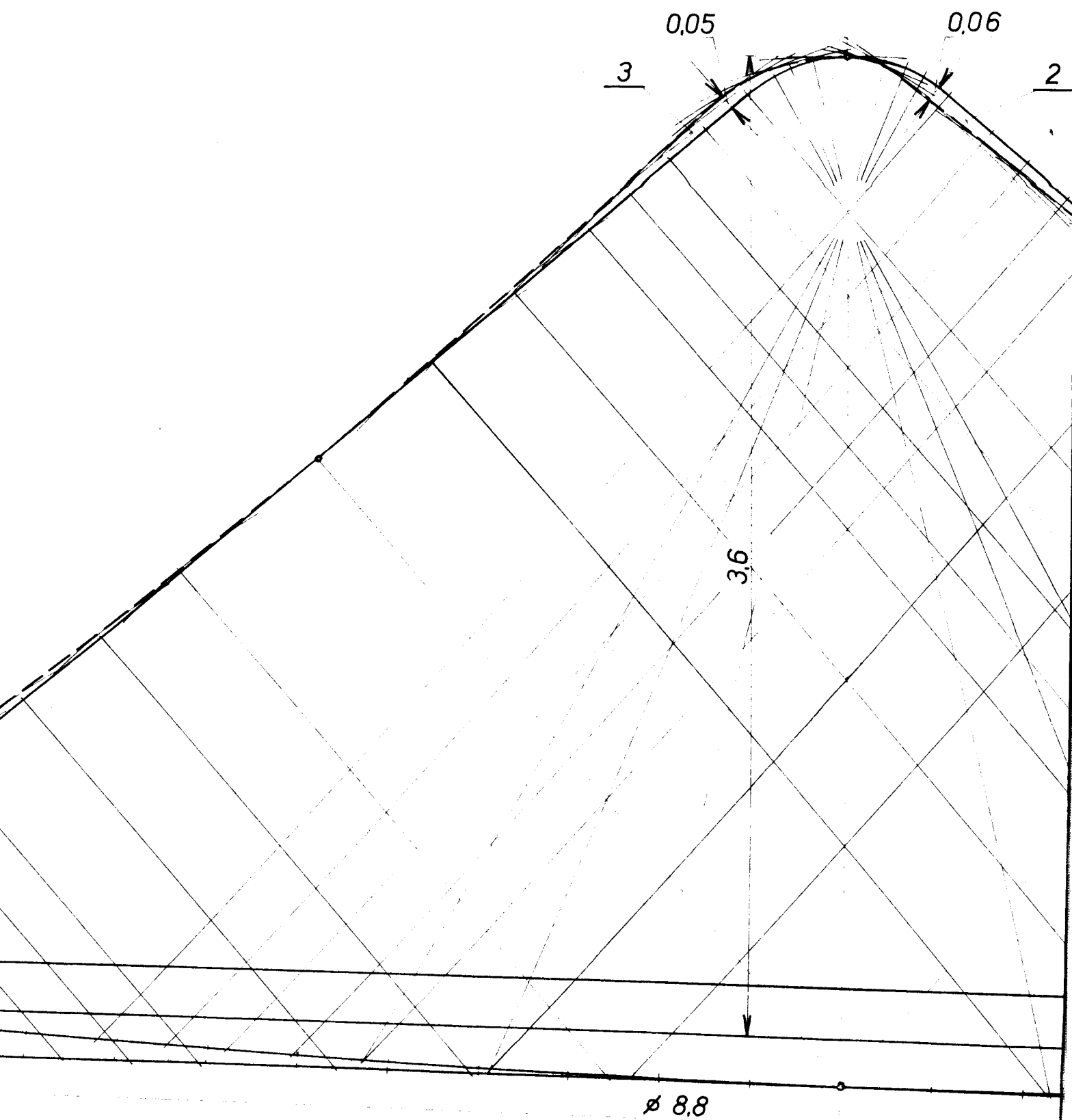
VÝLISEK ŠPIČKA S PLOŠKOU
VELIKOST SS 40

ŘEZ HLAVNÍ ROVINOU ŠPIČKY
 PRŮMĚR ROLNY 113 MM

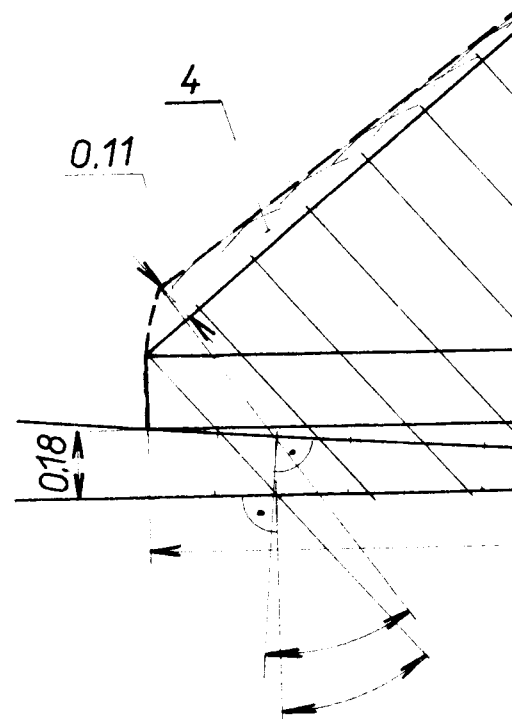
MĚŘÍTKO 50:1

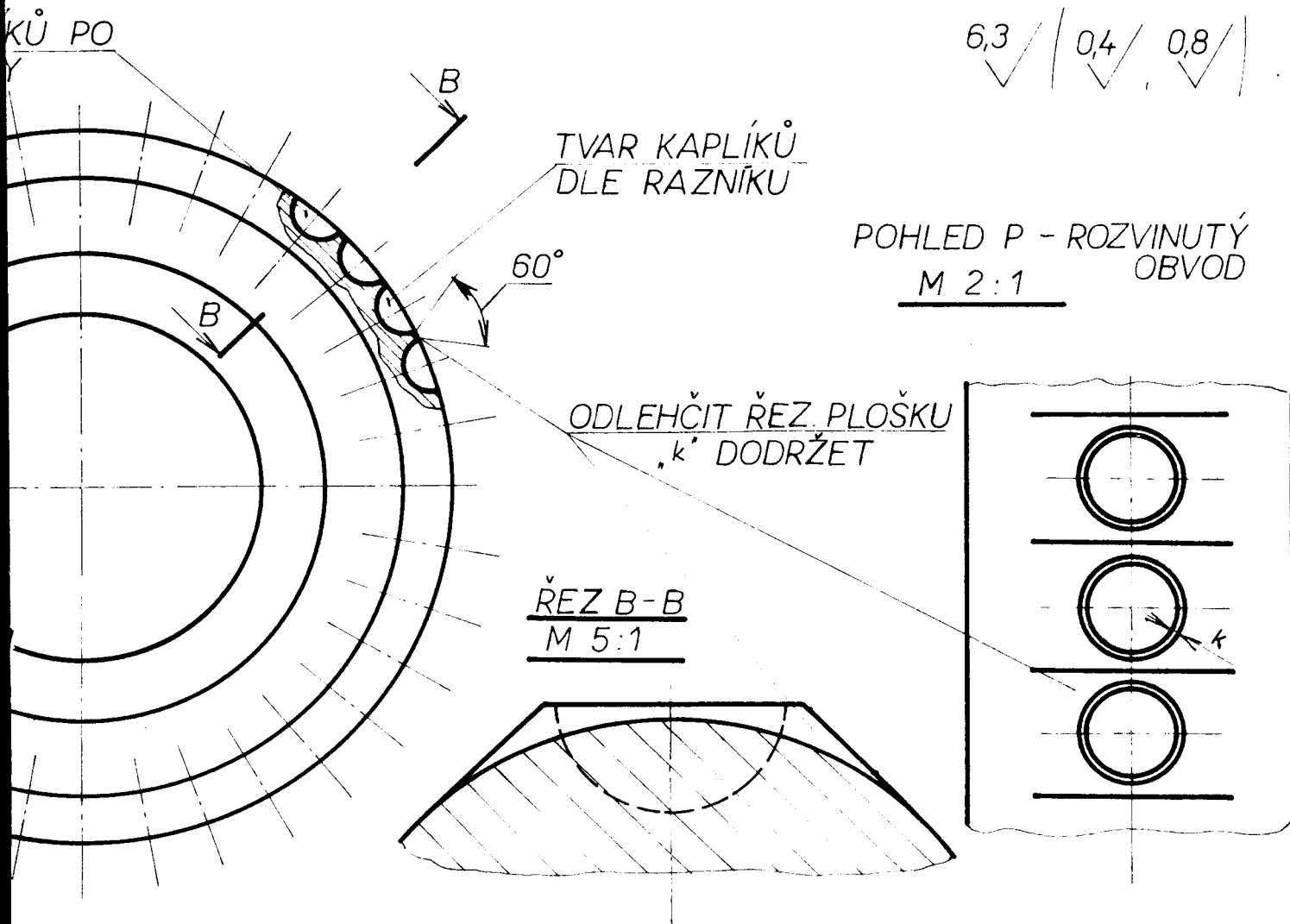


TVAR VÝLISKU
 Z FORMY TVARU
 PŘESNÉHO VÝLISKU



TVAR FORMY
PRO PŘESNÝ VÝLISEK





NITRIDOVAT PŘI $T_{max}=500^{\circ}C$ PO DOBU *caa* 48 HOD. $HV \geq 1000$.

ÚCHYLKA ROZTEČÍ KAPLÍKŮ V PARU MAX. 0,1 MM.

Ø JMENOVITÉ ROLNY OPROTI Ø PÁROVÉ ROLNY VŽDY MENŠÍ O 0,2 - 0,3 MM

ROZMĚR $\phi D_{SKUT}^{+0,10}_{-0,05}$ JE NAMĚŘENÝ Ø D VĚTŠÍ O UVEDENOU TOLERANCI.

ROZDÍL V PÁRU: a - max 0,2 MM; b - max 0,5 MM.

ROZPTYL KAPLÍKŮ V AXIÁLNÍM SMĚRU MAX. 0,05 MM.

OSTRÉ HRANY SRAZIT (UVNITŘ KAPLÍKŮ MAX. $0,2 \times 45^{\circ}$)

1 pár $\phi 120 \times 50$

ČSN 42 65 10 14 340

14 340.6 10b

ING. SCHÄFER

30.5. 1974

1:1

KOPIE

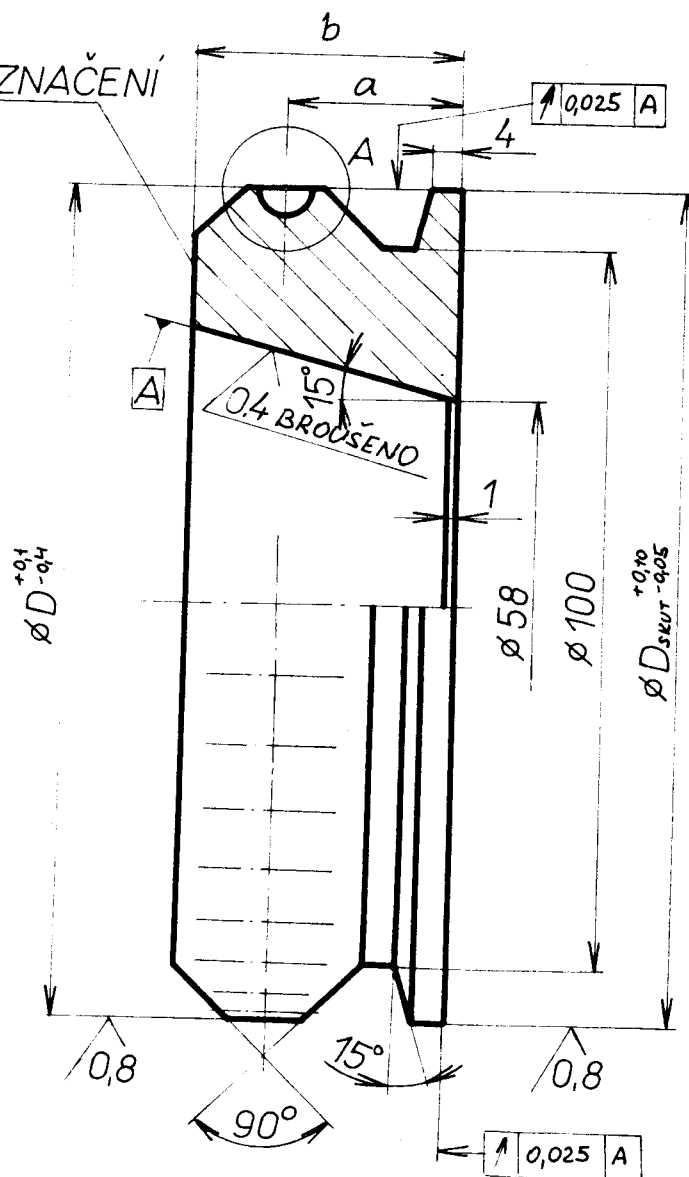
(5:1)
(2:1)

PRECIOSA N.P. **ROLNA $\phi 113$**

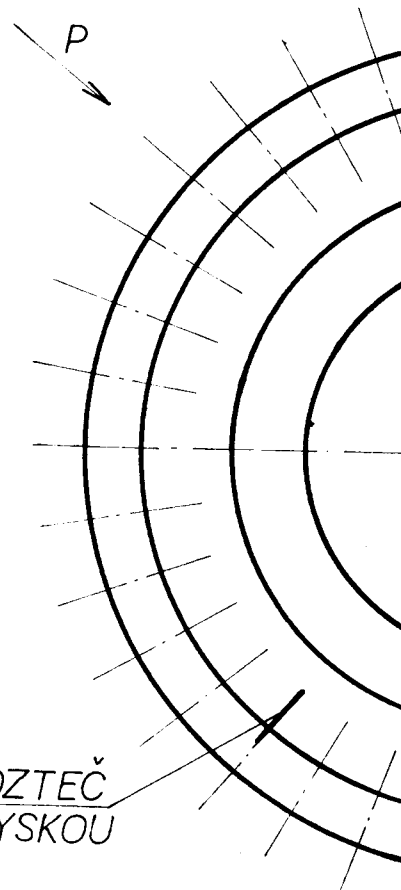
JABLONEC N.N.

PŘÍLOHA 1.

ČÍSLO A OZNAČENÍ
ROLNY

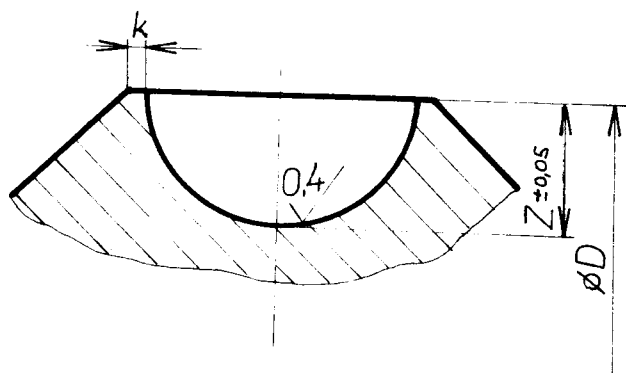


n - POČET KAP
OBVODU ROL



VÝCHOZÍ ROZTEČ
OZNAČIT RYSKOU

DET. A
M 5:1



ROZMĚRY V MM

ϕD	113
b	26 ÷ 46
a	14 ÷ 40
k	0.4 ÷ 0.7

ROZDÍL SOUČTU HLoubEK ZALISOVÁNÍ PÁRU ROLEN MAX. 0,06 MM.

