

Vysoká škola strojní a textilní Liberec katedra: materiálu a tváření

Fakulta: strojní

Školní rok: 1967/68

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro: Michaela Š u l c e

obor: strojírenská technologie

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

Název tematu: Při průtlačném dostřihování kruhových polotovarů určete vliv bočního tlaku na tvarovou změnu předstřiženého tvaru a výstřižku.

Polohy pro vypracování:

1. Stanovení vhodného předpětí a přídavku na dostřihování
2. Volba velikosti otvoru a jeho polohy ve výstřižku
3. Deformace otvoru vlivem bočního tlaku
4. Celková deformace tvaru výstřižku
5. Návrh úpravy nástroje na odstranění závad.

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

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

FS
V 83/1968

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

1. GUIDI, A.: Nachschneiden und Feinschneiden. Carl Hauser Verlag, München 1965.
2. COUFAL, M.: Návrh technologie pastorku spouštěče oken pro vůz Škoda 1000 MB. Dipl. práce VŠST - 1966.
3. TICHÝ, M.: Vliv tlaku příruby při konstantním přídavku na utváření střížné plochy při průtláčném dostrihování. Dipl. práce VŠST - 1967.

Vedoucí diplomní práce: Doc. Ing. Miroslav Kořínek CSc

Konsultanti: Ing. Jaroslav Křištof

Datum zahájení diplomní práce: 15. prosince 1967

Datum odevzdání diplomní práce: 17. června 1967



M. Kořínek

Doc. Ing. Miroslav Kořínek CSc
Vedoucí katedry

C. Höschl

Prof. Ing. Cyril Höschl
Děkan

v Liberci dne 7. prosince 1967

Obsah.

| | |
|--|--------|
| Úvod | str. 2 |
| Dosavadní metody přesného stříhání | 3 |
| Průběh stříhu | 3 |
| Protlačování polotovaru | 5 |
| Dostřížení polotovaru | 6 |
| Ovlivnění průběhu stříhu k zamezení vzniku smykového pásma | 8 |
| Průtlačné dostřihování | 11 |
| Princip metody | 11 |
| Určení vztahu pro boční tlak | 12 |
| Popis zkušebního nástroje | 13 |
| Volba materiálu | 15 |
| Vyhodnocení experimentální části | 20 |
| Rozměrová přesnost výstřížků | 20 |
| Tvarová deformace výstřížků | 22 |
| Vzhled střížných ploch na vnějším obrysu výstřížků | 31 |
| Tvar oddělované třísky | 32 |
| Shrnutí výsledků | 45 |
| Spodní přídržovač - výpočet | 47 |
| Určení typu hydraulického akumulátoru | 54 |
| Hydraulický okruh přídržovače | 55 |
| Závěr | 58 |
| Seznam použité literatury | 59 |
| Přílohy - výkresy: | |
| Zkušební nástroj č.v.A1-DP-ST 654/68 | |
| Přídržovač č.v.A2-DP-ST 654/68 | |

Ú v o d .

Lisovací technologie je odvětvím, které v přítomnosti, ale i v budoucnu má mnoho co říci k modernisaci výroby.

Za jeden ze základních oborů v rámci lisovací technologie považované stříhání plechů je dnes komplexem výrobních způsobů, k nimž náleží i přesné stříhání.

Po metodické stránce nelze přesné stříhání řadit k nejbohatším výrobním způsobům, tím více však je vítána každá metoda, která prokáže jisté pozitivní výsledky.

Předkládaná diplomová práce se zabývá novou metodou přesného stříhání. Je motivována návazností na předchozí práci téhož druhu a podává některé konkrétní výsledky, které však si samy o sobě nemohou činit nárok na vyčerpávající objasnění a podložení problému.

Dosavadní metody přesného stříhání.

Lisováním, v tomto případě stříháním plechů, je možné prakticky jedinou operací realizovat výstřižky rozličných a nezřídka i složitých tvarů. Otázka kvality střižných ploch je většinou druhořadá, to znamená, že drsnost a nerovnost střižných ploch neovlivňuje předpokládanou funkci výstřižku.

Vyskytují se ale případy, kdy se klade důraz právě na kvalitu střižných ploch. Pak je tedy třeba přistoupit k jistým specifikám, jako je: volba technologie, která se v mnohém liší od technologie běžného stříhání; návrh a konstrukce zvláštního nástroje; použití speciálního lisu. Tyto uvedené prvky mají v součinnosti jediný cíl: vhodně ovlivnit napjatost ve střižné oblasti materiálu a tak zamezit, co nejdokonaleji, vzniku trhlin.

V tomto smyslu se uplatňuje řada metod, kterým se více či méně, s žádoucím účinkem, daří dodržovat právě naznačený požadavek. Z toho tedy vyplývá, že drsnost, nerovnost, kolmost střižných ploch k rovině plechu a konec konců i vzhled těchto ploch se pohybují v určitých mezích, které mohou zaručit dobrou funkci výstřižku.

Průběh stříhu.

Počátek stříhání lze vztahovat k okamžiku, kdy se střižník dotkne přilehlé povrchy plechu, spočívajícího na střižnici. Působením tlaku střižníku vznikají deformace, zpočátku pružné, posléze pak, překročením přetvárného odporu, deformace trvalé.

Po dokonaném stříhu je možné na střižné ploše pozorovat pouhým okem tři charakteristická pásma:

- a/ pásmo zaoblení,
- b/ pásmo stříhu,
- c/ pásmo smyku /utržení/.

Samotný mechanismus střižného procesu se dá vykreslit zhruba takto: s rostoucí hloubkou pronikání střižníku do materiálu se povrchová vlákna protahují a ohýbají. Překročením pevnosti ve stříhu vláken se objevují trhliny. Tyto trhliny vznikají nejdříve u vláken přilehlých k hranám střižnice a teprve následovně na hranách střižníku a pokračují dále do materiálu. Celý tento postup je uváděn přibližně chronologicky. Přednostní tvorba trhlin u hran střižnice je zapříčiněna značným namáháním přilehlých vláken.

K poznání průběhu stříhu patří znalost velikosti a hlavně rozsahu oblasti ovlivněné tvárnou deformací, která se projevuje prohnutými vlákny stříhaného materiálu. Prohnutí vláken jest dáno vzdáleností od povrchu plechu. Okrajová vlákna mají značný úhel sklonu a oblast volné deformace je u nich omezena pouze na místa, kde se nestýkají s činnými částmi nástroje; kdežto střední vlákna jsou charakteristická širšími možnostmi volné deformace.

Směr šíření trhlin je dán šířkou střižné vůle, poněvadž ta ovlivňuje rozsah deformované oblasti a velikost deformace. Následkem deformace dochází ke zpevnování materiálu tvářením za studena. Vzniklé trhliny obcházejí deformovanou oblast po jejím vnitřním a vnějším okraji. Trhlina, která vychází od hrany střižnice, se odklání od roviny kolmé k rovině plechu směrem ke střižníku, resp. k jeho hranám. Úhel odklonu trhliny bývá různý, zhruba se pohybuje v rozmezí $4 \div 7^\circ$, přičemž pro tvrdší materiály platí nižší hodnota, pro měkčí vyšší.

Z právě popsaného vyplývá nemožnost docílení kvalitních střižných ploch, bez jakéhokoliv usměrňujícího zásahu. Jsou známy případy, kdy se při normálním stříhání dosáhne hladké střižné plochy: a/ u plechu $\sigma_{\text{st}} = 40 \text{ kp/mm}^2$, tloušťky 3 mm.
b/ u měkkých materiálů /Al 99,5%/.

Veškeré snahy a z nich odvozené metody, které si kladly za cíl dosažení kvalitní střižné plochy, se v podstatě ubíraly a ubírají dvěma směry:

- a/ oddělení nerovností formou tenké třísky, jednou nebo několika operacemi,
- b/ ovlivnění průběhu stříhu v tom smyslu, aby se smykové pásmo co nejvíce lokalisovalo, případně /a to je vrcholem všech snah/ nevzniklo vůbec.

Protlačování polotovaru. /obr.1/

Tlakem střižníku je polotovar protlačován přes zaoblenou hranu střižnice, jejíž otvor se nepatrně zúžuje do hloubky, zhruba odpovídající tloušťce plechu. Tím je zabezpečeno všestranné stlačování materiálu a vyhlazování střižné plochy.

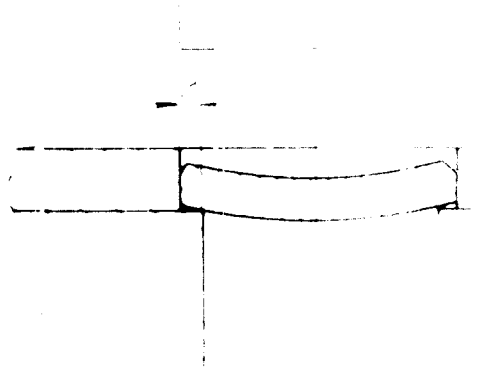


Obr.1

Použitelnost tohoto způsobu se omezuje na tvárné materiály.

Dostřižení /přistřižení/ polotovaru. / obr. 2/

Hladká střižná plocha se získá dodatečným odstraněním nerovností.



Obr. 2

Střižník protlačí polotovar založený v šabloně přes hrany střižnice, čímž se oddělí nerovnosti. Dají se tak opracovávat plochy vnějšího i vnitřního obrysu.

Základní předpoklad, který platí pro dostřižení -
- nerovnost povrchu polotovaru musí být menší než přídavek na dostřižení. Jen tak lze zaručit docílení kvalitní střižné plochy. Přídavek se volí minimální, přesto je nutné respektovat určité faktory, kteří jej ovlivňují:

- a/ nerovnost opracovaných ploch polotovaru,
- b/ geometrické odchylky tvaru polotovaru,
- c/ nepřesnosti v založení polotovaru do nástroje.

Polotovary určené pro dostřižení se dělí:

- a/ velikost přídavku na dostřižení je proměnlivá -
- důsledek předchozího stříhání,
- b/ velikost přídavku na dostřižení je konstantní na celém obrysu. Celkově jsou zde příznivější podmínky pro dosažení kvalitnějšího povrchu funkčních ploch a zajištění užších výrobních tolerancí než v předchozím případě.

Dále je třeba mít na paměti řadu rozdílů, jimiž se jednotlivé metody dostřihování navzájem od sebe liší. Budeme-li považovat použití vhodného lisu za samozřejmost, pak je možné případné rozdíly vztahovat pouze na pracovní elementy nástroje:

- a/ vzájemná relace rozměrů střižníku a střižnice,
 - 1/ mezi střižníkem a střižnicí je minimální vůle / $0,006 \div 0,03$ mm/,
 - 2/ rozměr střižníku je po celém obrysu větší než rozměr střižnice. Neznamená to tedy nic jiného, než že bude existovat určitá vzdálenost mezi střižnicí a střižníkem v dolní úvratí. V praxi se tato hodnota pohybuje v mezích $0,1 \div 0,2$ mm.
- b/ pohyb střižníku,
 - 1/ plynulý,
 - 2/ vibrační.

ad 1/ Vážným nedostatkem v tomto případě je, že v průběhu pracovního zdvihu dochází ke zvětšování střižné síly. Tato skutečnost spolu s rostoucím napěchováním a tím i napětím v materiálu je bezprostřední příčinou odtržení třísky, což představuje částečnou újmu na kvalitě střižné plochy.

ad 2/ Umožňuje získat střižné plochy kvalitativně vyšší úrovně než předchozí způsob. Velkou zásluhu na tom má větší řezná rychlost a tím snazší oddělení třísky a vše je provázáno absolutně menším napěchováním oddělovaného materiálu než při plynulém pohybu střižníku.

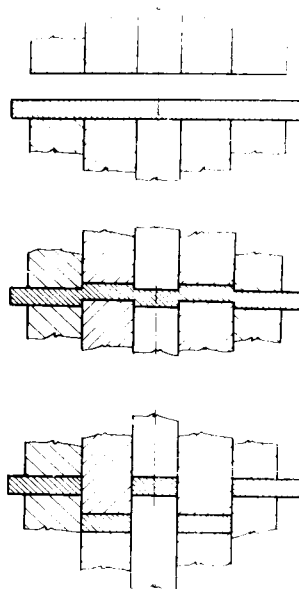
Ovlivnění průběhu stříhu k zamezení vzniku smykového pásma.

Provádí se prakticky trojím způsobem :

- a/ zaoblenými hranami střižnice,
- b/ omezeným namáháním materiálu v jednom směru,
- c/ bočním tlakem.

ad a/ Cílem je, aby počáteční trhlinka vznikla, na rozdíl od běžného stříhání, na hraně střižníku. Proto vlákna v oblasti přilehlé ke střižníku musí dosáhnout kritické hodnoty napětí dříve, než na hraně střižnice. Technicky se to uskuteční zaoblením hrany střižnice. Zaoblením hran střižnice se dosáhne zamezení vzniku trhlin a navíc vhodného rozložení tlakového napětí, což umožní oddělení třísky v malém pruhu materiálu. Vniknutím střižníku zhruba do poloviny tloušťky plechu, se na jeho hraně vytvoří trhlinka, která směřuje do zpracovávaného plechu.

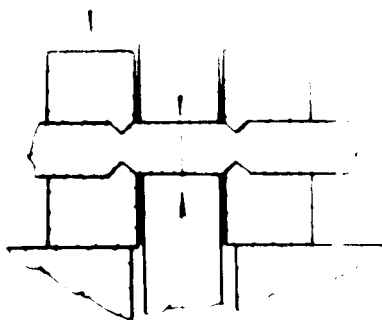
ad b/ Zástupcem tohoto způsobu přesného stříhání je reversní vystřihování /obr.3 /



Obr. 3

Po sevření plechu mezi střižnicemi a vnitřními děrovacími střižníky, se střižníky /tvaru mezikruží/ pohybují nejprve směrem nahoru /do 1/4 hloubky plechu/ a potom se pohybují dolů a plech vystřihnou. Náročnost této metody spočívá především v poměrně složitém chodu nástroje.

ad c/ Realisuje se nátláčnou hranou /obr. 4/.

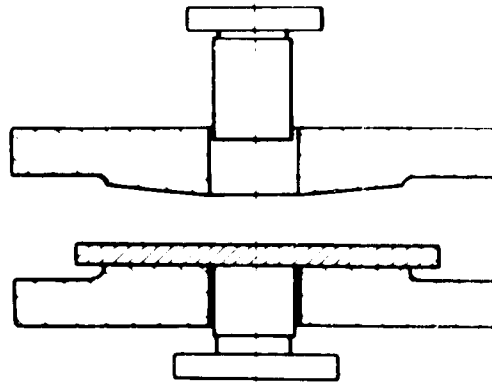


Obr. 4

Působením nátláčné hrany je zpracováván materiál vytlačován směrem ke střižníku. Praktický důsledek se projeví omezením tahu zrn v střižné oblasti, která se tím stává menší a soustředěnější a tak lze lépe dosáhnout kolmosti střižné plochy k rovině plechu. Nátláčná hrana, která sleduje obrys výstřižku, může být provedena na straně střižníku resp. střižnice nebo u obou současně.

Přibližně stejného účinku lze dosáhnout zvláště upravenou lisovací deskou, kde je plech sevřen se dvou stran /obr.5/. Lisovací deska je na obrysu výstřižku kuželovitě zbroušená pod malým úhlem. Tímto zbroušením se docílí maximálního tlaku v blízkosti střižníku. Navíc je třeba dbát toho, aby střižná vůle byla pokud možno

rovnoměrná na celém obvodu výstřižku.



Obr. 5

Průtlačné dostřihování.

Nová a dosud nezveřejněná metoda přesného stříhání se uvádí pod názvem " Průtlačné dostřihování ". Spadá do okruhu metod, které se kladou za cíl ovlivnění průběhu stříhu a tím zamezení vzniku smykového pásma.

Princip metody / obr.6 /.



Obr. 6

Vzorek 5 se s přesahem zalisuje tlakem střižníku 1 do kalené příruby 3, touto přírubou se protlačí a proces uzavírá odstranění přídavku na dostřižení hranami střižnice 2. Jde tedy v podstatě o vyvození bočního tlaku přírubou ; ovšem tlaku, který je rovnoměrný po celém obvodu polotovaru. Příruba má vnitřní tvar shodný s vnějším tvarem polotovaru. Bočním tlakem se dosáhne zlepšení tvářitelnosti v oblasti, kde nastává oddělování třísky.

Podmínka, aby polotovaru byl zalisován s přesahem neplatí všeobecně, je možné provést operaci i s nulovým přesahem. Pochopitelně i zde vzniká určitý boční tlak a to působením oddělované třísky, která se dostane mezi polotovaru

a stěnu příruby, napěchuje se a vyvine tlak na polotovar.

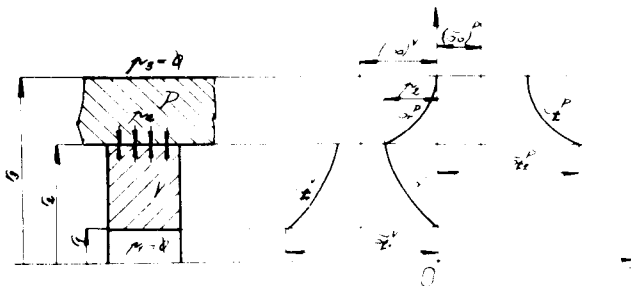
Z právě popsaného vyplývají určité přednosti a výhody této metody už po stránce technického vybavení. Především je to jednoduchost nástroje: vedle střižníku a střižnice je zde navíc pouze příruba. Daleko významnější je ale skutečnost, že pro dostřižení se dá výhradně používat běžných lisů, což nesporný klad celé metody. Téměř každá metoda, která vykazala jisté pozitivní výsledky v oblasti přesného stříhání se opírala o použití zvlášt upraveného nebo dokonce speciálního lisu. V případě aplikace sledované metody ztrácí tento fakt své opodstatnění. Stačí tedy běžné lisy, které svou funkcí plně vyhovují.

Určení vztahu pro boční tlak.

Metoda průtlačného dostřihování je založena na předpokladu, že tlak od nalisování nepřekročí hodnotu danou mezí průtažnosti:

$$p_2 < \sigma_k \quad \dots/1/$$

Pro částečné odvození formule k určení tlaku p_2 je možné si celý případ představit jako lisované uložení dutého hřídele a náboje [2]. Ve sledovaném případě je dutým hřídelem polotovar a nábojem dostatečně tuhá příruba.



Obr. 7

Na obr.7 jsou graficky znázorněné průběhy napětí vznikající v nalisovaném uložení polotovaru a příruby.

Vztah mezi velikostí přesahu Δr_2 a tlakem p_2 :

$$\Delta r_2 = \frac{r_2}{E} \left[\sigma_{t_2}^p - \sigma_{t_2}^v \right] \dots |2|$$

kde: $\sigma_{t_2}^p$ - obvodové napětí příslušící přírubě,
 $\sigma_{t_2}^v$ - obvodové napětí příslušící vzorku,
 r_2 - poloměr, na kterém dojde k nalisování,
 E - modul pružnosti v tahu,
 Δr_2 - přesah.

Obvodové napětí příslušící přírubě:

$$\sigma_{t_2}^p = 2(\sigma_o^p) + p_2 = 2 \frac{p_2 r_2^2}{r_3^2 - r_2^2} + p_2 = p_2 \frac{r_2^2 + r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} \dots |3|$$

kde: σ_o^p - osové napětí.

Obvodové napětí příslušící vzorku:

$$\sigma_{t_2}^v = 2(\sigma_o^v) + p_2 = 2 \frac{-p_2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} + p_2 = -p_2 \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \dots |4|$$

Dosazením vztahu /3/ a /4/ do /2/ obdržíme:

$$\Delta r_2 = \frac{r_2}{E} \left[\frac{r_2^2 + r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} + \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \right] p_2 \dots |5|$$

a odtud:

$$p_2 = \frac{\Delta r_2 E}{r_2 \left[\frac{r_2^2 + r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} + \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \right]} \dots |6|$$

Platnost vzorce /6/ se vztahuje k předpokladu, že v nalisování dochází pouze k pružným deformacím.

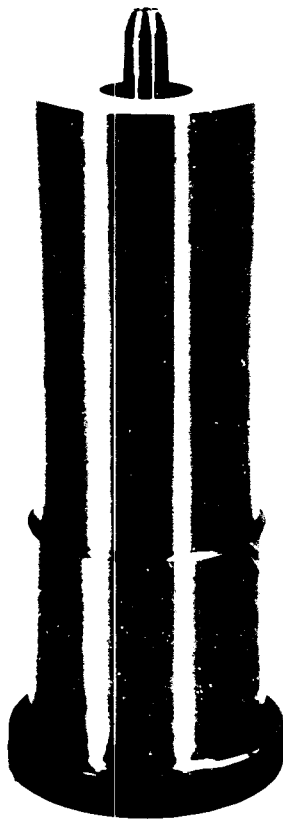
Popis zkušebního nástroje.

Základ zkušebního nástroje tvoří normalizovaný vodící stojánek 160 ČSN 22622o B, v němž jsou umístěny vlastní pracovní elementy. Způsob provedení je patrný z přílohy č.v. Al-DP-ST 654/68.

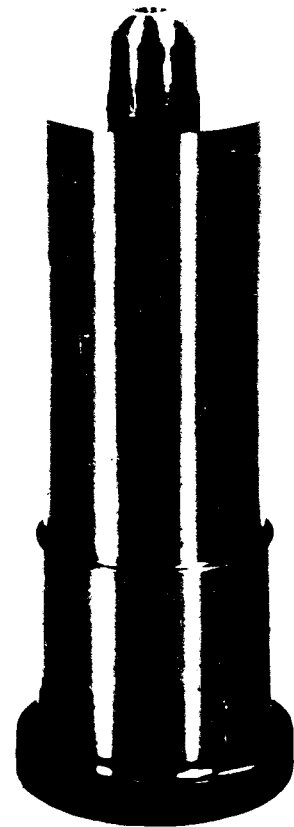
Nástroj je umístěn na stole pomaloběžného lisu LEMP 40.

Střižník je vyroben z materiálu 19312 a zakalen na 60 HRC. Navíc je střižník provrtán průchozí dírou, která slouží pro založení trnu, jehož použití bude ozřejmeno později. Vzhledem k tomu, že je třeba provést stříhání bez i s vůlí používají se dva střižníky /obr.8,9/, lišící se vnějším průměrem:

- a/ střižník pro stříhání bez vůle, jeho vnější průměr se pohybuje v rozmezí 24,99 až 25,001 mm,
- b/ střižník pro stříhání s vůlí / $z = 0,1 \text{ mm}$ /, jeho vnější průměr se pohybuje v rozmezí 24,799 až 24,806 mm.



Obr. 8



Obr. 9

Střižnice je rovněž zhotovena z materiálu 19312 a zakalena na 60 HRC. Je použito dvojího druhu střižnic:

- a/ střižnice se zaoblenou hranou $/r = 0,3 \text{ mm}/$, její vnitřní průměr se pohybuje v rozmezí 25,018 až 25,021 mm,
- b/ střižnice s ostrou hranou, její vnitřní průměr se pohybuje v rozmezí 25,021 až 25,023 mm.

Obě střižnice mají otvor zpočátku válcový /do hloubky 6 mm/, potom se kuželovitě rozšiřuje pod úhlem 4° .

Na střižnici spočívá nákrůžek z materiálu 11500, v němž je s přesahem uložena samotná příruba z materiálu 19312 a zakalena na 60 HRC. Příruba se na vstupní části rozšiřuje pod úhlem 15° , což umožňuje snadnější zakládání polotovaru. Dále pokračuje válcový otvor.

S ohledem na sledovaný počet přídavek na dostřižení je použito dvou přírub:

- a/ příruba pro přídavek 0,15 mm, její vnitřní průměr se pohybuje v rozmezí 25,312 až 25,316 mm,
- b/ příruba pro přídavek 0,5 mm, její vnitřní průměr se pohybuje v rozmezí 26,009 až 26,012 mm.

Volba materiálu vzorků.

Výběr materiálu se řídil prakticky jedním hlediskem: šlo o to, aby se zvolil takový materiál, který se používá zcela běžně pro stříhání. Takový byl spatřován v oceli 11373.

Mechanické hodnoty: $\sigma_{\text{Ht}} = 37 \text{ až } 45 \text{ kp/mm}^2$
 $\sigma_{\text{kt}} = 21 \text{ až } 24 \text{ kp/mm}^2$

Pro možnost vzájemného srovnávání výsledků experimentů s hlediska sledovaných parametrů byly vzorky zhotoveny ve dvou provedeních:

- a/ pro přídavek na dostřižení 0,15 mm, tomu odpovídá základní průměr vzorku 25,3 mm - vzhledem k rozměrům

pracovních elementů nástroje,
b/ pro přídavek na dostřižení 0,5 mm, tomu odpovídá základní průměr vzorku 26,00 mm - vzhledem k rozměrům pracovních elementů nástroje.

Vzorky pro tentýž přídavek se navzájem od sebe liší o hodnotu přesahu. Zvolená řada přesahů je pro oba přídavky shodná a vypadá následovně:

0; 0,01; 0,025; 0,035 mm.

Všechny přídavky, přesahy a vůle jsou brány jednostranně, tedy nikoliv na průměru. Bude-li v dalším o nich řeč, pak budou uváděny v nezměněném smyslu.

V tabulkách /1, 2/ jsou uvedeny konkrétní hodnoty tlaku p_2 /vyčísleno dle vzorce 6/. Jak je patrné, ani v jednom případě není porušen předpoklad, že: $p_2 < \sigma_k$.

Poněvadž tato práce zkoumá vliv průtlačného dostřihování na kruhové polotovary /tvarové/, jsou vzorky požadavku tvaru přizpůsobeny takto: pro každý přídavek a přesah mají vzorky symetrický vnitřní otvor průměru 5 resp. 10 mm, *na obr.10!*

Protože je třeba poměrně přesně konstatovat vliv přesahu, přídavku a střižných podmínek z pozice sledovaných parametrů, jsou vzorky záměrně broušeny na tloušťku, která se pohybuje v rozmezí 4,00 až 4,04 mm a na vnější průměr. Vnitřní otvory vzorků jsou pouze vystružovány - neboť tato práce se zabývá problematikou dostřihování vnějšího obrysu, na vnitřním otvoru se sledují pouze jeho geometrické změny.

Tabulky /3, 4/ uvádějí vnější a vnitřní průměry vzorků před dostřižením. Všechny rozměry jsou uvedeny v mm.

Přídavek na dostřižení - 0,15 mm

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| vnější ϕ /mm/ | 25,32 | 25,35 | 25,37 | 25,32 | 25,35 | 25,37 |
| ϕ otvo- ru /mm/ | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| tlak p_2 /kp/cm ² / | 330 | 825 | 1160 | 296,5 | 742,5 | 1035 |

Tab.1. Hodnoty tlaku při nalisování vzorku do příruby.

Přídavek na dostřižení - 0,5 mm

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| vnější ϕ /mm/ | 26,02 | 26,05 | 26,07 | 26,02 | 26,05 | 26,07 |
| ϕ otvo- ru /mm/ | 5 | 5 | 5 | 10 | 10 | 10 |
| tlak p_2 /kp/cm ² / | 317,5 | 795 | 1107,5 | 287,5 | 715 | 975 |

Tab.2. Hodnoty tlaku při nalisování vzorku do příruby.



Obr. 10

Přídavek na dostřižení - 0,15 mm

| číslo vzorku | přesah = 0 | | přesah = 0,01 | | přesah = 0,025 | | přesah = 0,035 | |
|-----------------|-------------|-------------|---------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| | vnější Ø | Ø otvoru | vnější Ø | Ø otvoru | vnější Ø | Ø otvoru | vnější Ø | Ø otvoru |
| 1. | 25,300 | 5,022 | 25,321 | 5,021 | 25,354 | 5,057 | 25,373 | 5,021 |
| 2. | 25,300 | 5,029 | 25,320 | 5,028 | 25,350 | 5,018 | 25,373 | 5,019 |
| 3. | 25,303 | 5,015 | 25,323 | 5,019 | 25,351 | 5,011 | 25,370 | 5,030 |
| 4. | 25,301 | 5,010 | 25,323 | 5,017 | 25,350 | 5,019 | 25,371 | 5,033 |
| 5. | 25,300 | 5,022 | 25,320 | 5,026 | 25,353 | 5,021 | 25,372 | 5,031 |
| 6. | 25,301 | 5,020 | 25,322 | 5,030 | 25,352 | 5,043 | 25,371 | 5,026 |
| 7. | 25,303 | 5,028 | 25,322 | 5,029 | 25,350 | 5,016 | 25,370 | 5,026 |
| 8. | 25,302 | 5,036 | 25,321 | 5,022 | 25,351 | 5,042 | 25,370 | 5,034 |
| 9. | 25,300 | 5,014 | 25,320 | 5,029 | 25,354 | 5,024 | 25,373 | 5,026 |
| | | | | | | | | |
| 1. | 25,301 | 10,023 | 25,320 | 10,028 | 25,352 | 10,050 | 25,371 | 10,023 |
| 2. | 25,300 | 10,018 | 25,320 | 10,022 | 25,350 | 10,064 | 25,371 | 10,031 |
| 3. | 25,300 | 10,036 | 25,321 | 10,028 | 25,353 | 10,072 | 25,370 | 10,040 |
| 4. | 25,300 | 10,032 | 25,320 | 10,025 | 25,353 | 10,024 | 25,372 | 10,032 |
| 5. | 25,302 | 10,020 | 25,323 | 10,038 | 25,354 | 10,034 | 25,370 | 10,016 |
| 6. | 25,302 | 10,027 | 25,323 | 10,038 | 25,350 | 10,031 | 25,370 | 10,024 |
| 7. | 25,301 | 10,019 | 25,320 | 10,017 | 25,352 | 10,041 | 25,370 | 10,019 |
| 8. | 25,303 | 10,021 | 25,320 | 10,022 | 25,350 | 10,057 | 25,370 | 10,030 |
| 9. | 25,300 | 10,017 | 25,321 | 10,020 | 25,350 | 10,091 | 25,372 | 10,038 |

Tab.3. Rozměry vzorků před dostřižením.

Přídavek na dostřižení - 0,5 mm

| Číslo vzorku | přesah = 0 | | přesah = 0,01 | | přesah = 0,025 | | přesah = 0,035 | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| | vnější ϕ | ϕ otvoru | vnější ϕ | ϕ otvoru | vnější ϕ | ϕ otvoru | vnější ϕ | ϕ otvoru |
| 1. | 26,002 | 5,016 | 26,022 | 5,026 | 26,051 | 5,022 | 26,070 | 5,021 |
| 2. | 26,002 | 5,022 | 26,020 | 5,020 | 26,050 | 5,015 | 26,072 | 5,011 |
| 3. | 26,003 | 5,038 | 26,021 | 5,017 | 26,053 | 5,011 | 26,072 | 5,018 |
| 4. | 26,000 | 5,030 | 26,021 | 5,021 | 26,051 | 5,025 | 26,073 | 5,013 |
| 5. | 26,001 | 5,027 | 26,023 | 5,013 | 26,052 | 5,003 | 26,070 | 5,033 |
| 6. | 26,001 | 5,031 | 26,022 | 5,010 | 26,052 | 5,025 | 26,071 | 5,036 |
| 7. | 26,003 | 5,019 | 26,021 | 5,014 | 26,051 | 5,019 | 26,072 | 5,014 |
| 8. | 26,003 | 5,018 | 26,023 | 5,026 | 26,054 | 5,022 | 26,070 | 5,017 |
| | | | | | | | | |
| 1. | 26,001 | 10,024 | 26,022 | 10,014 | 26,053 | 10,051 | 26,073 | 10,012 |
| 2. | 26,003 | 10,033 | 26,021 | 10,010 | 26,051 | 10,024 | 26,071 | 10,023 |
| 3. | 26,000 | 10,041 | 26,021 | 10,029 | 26,052 | 10,034 | 26,071 | 10,030 |
| 4. | 26,000 | 10,034 | 26,020 | 10,027 | 26,050 | 10,064 | 26,070 | 10,024 |
| 5. | 26,002 | 10,027 | 26,023 | 10,011 | 26,050 | 10,073 | 26,073 | 10,018 |
| 6. | 26,004 | 10,034 | 26,021 | 10,024 | 26,053 | 10,035 | 26,070 | 10,028 |
| 7. | 26,003 | 10,022 | 26,020 | 10,020 | 26,051 | 10,075 | 26,072 | 10,031 |
| 8. | 26,003 | 10,020 | 26,020 | 10,030 | 26,050 | 10,075 | 26,073 | 10,035 |

Tab.4. Rozměry vzorků před dostřižením.

Vyhodnocení experimentální části.

V podstatě jde o faktické podložení problému. Vzájemným porovnáním výsledků zkoumaných podmínek průtlačného dostřihování je třeba vybrat takové podmínky, které by zaručovaly žádoucí výsledky.

Pořadí sledovaných parametrů:

- 1/ rozměrová přesnost výstřižků,
- 2/ tvarová deformace výstřižků,
- 3/ vzhled střižních ploch na vnějším obrysu výstřižků.

Rozměrová přesnost výstřižků.

Požadavek je takový, aby vnější průměr dostřiženého polotovaru odpovídal průměru otvoru ve střižnici. Do jaké míry je tento požadavek splňován, ukazují tabulky /5, 6/, které předvádějí konkrétní hodnoty vnějších průměrů a průměry otvorů ve vzorcích po dostřihování. Jak ukazují naměřené hodnoty, docházelo při dostřihování k deformacím takového rázu /hlavně u vnitřního otvoru, který se stal z válcového kuželovitým/, že bylo nutné provést měření na dvou površkách, aby se změny průměrů daly ve svých krajních mezích zachytit.

Použitá symbolika:

D_1 /mm/ - vnější ϕ vzorku, měřený na povrchu přilehlé při dostřihování ke střižníku,

D_2 /mm/ - vnější ϕ vzorku měřený na povrchu odlehlé při dostřihování od střižníku,

d_1, d_2 /mm/ - průměry otvoru ve vzorku, měřené na shodných površkách jako vnější průměry.

V tabulkách jsou uvedeny rozměry pro dva vzorky současně - jde vždy o aritmetický průměr z hodnot naměřených na obou vzorcích, které byly stříhány za naprosto stejných podmínek.

Vnější průměry pro tentýž vzorek se od sebe liší řádově nejvýše v setinách mm, naproti tomu u vnitřních otvorů dochází k rozdílům řádově až v desetinách mm ve hloubce otvoru.

Z použitých přídavků na dostřižení se na rozměru vnějšího průměru neprojevuje jejich rozdílná velikost. Zato vnitřní otvor reaguje citlivě na velikost přídavku rozdílnými naměřenými hodnotami průměru ve hloubce otvoru. Tyto rozdíly jsou přímo úměrné velikosti přídavku, z toho vyplývá nevhodnost používání přídavku 0,5 mm oproti přídavku 0,15 mm.

U přesahů nelze stávající poměry charakterizovat jinak, než že přesah neovlivňuje rozhodující měrou rozměrovou přesnost výstřižků na vnějším průměru. Zcela naopak tomu je v případě vnitřních otvorů. Tady se přesah projevuje, podobně jako přídavek na dostřižení, ve značných rozdílech /obě krajní hodnoty jsou vždy uvedeny v tabulce/, mezi naměřenými hodnotami ve hloubce otvoru. Rozdíly jsou úměrné rostoucímu přesahu. Tato skutečnost mluví pro preferenci nižších hodnot /na př. 0,01 mm/, případně nulového přesahu.

Oblá nebo ostrá hrana střižnice a navíc nulová nebo konkrétní vůle nemá vliv na rozměry výstřižku, neboť jak ukazují tabulky /5, 6/, není podstatnějších rozdílů mezi uvedenými střižnými podmínkami s hlediska vnějších a vnitřních průměrů.

S ohledem na průměr otvoru ve střižnici lze usoudit na určitou docílenou rozměrovou přesnost vnějšího průměru výstřižku. Tím je také motivována tabulka /7/, která přehledně uvádí dosažené rozměrové tolerance vnějších průměrů výstřižků pro každý přídavek, přesah, hranu střižnice a vůli. V několika málo případech byl výsledný vnější průměr vzorku větší než průměr otvoru ve střižnici. Daleko častěji tomu bylo naopak. Tuto skutečnost není

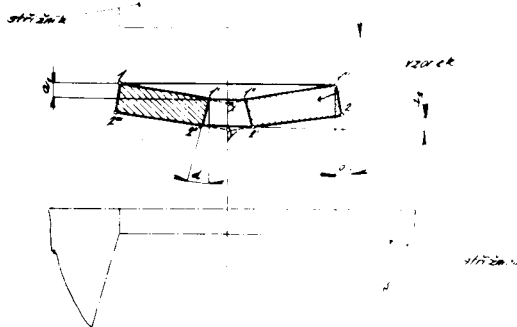
možné podložit určitou zákonitostí, neboť se mění případ od případu.

Všechna měření byla provedena na univerzálním mikroskopu fy. Zeiss, na měření vnitřního průměru bylo použito mechanického doteku.

Tvarová deformace výstřižků.

Deformací je míněna kolmost stěn otvoru, odklon střižných ploch od kolmice k rovině plechu a průhyby površek.

Následující tabulky /8,9/ podávají přehled naměřených hodnot výše uvedených položek.



Obr. 11

Na obr. 11 je schematicky naznačen deformovaný výstřižek.

Symbolika :

- $\underline{\alpha}$ /ve stupních resp. minutách/ - kolmost stěn otvoru
vzhledem ke svislé ose
výstřižku,
- $\underline{\beta}$ /ve stupních resp. minutách/ - kolmost střižných ploch
vzhledem ke svislé ose
výstřižku,

$a_1/\text{mm/}$ - průhyb površky 1 1' 1" 1",

$a_2/\text{mm/}$ - průhyb površky 2 2' 2" 2".

V průběhu měření byla zaznamenána pozoruhodná skutečnost: totiž, že hodnota a_1 byla v každém případě větší než hodnota a_2 . Příčin bude pravděpodobně několik, jedna však je dána možnostmi měření.

Hodnota a_1 je dána kolmou vzdáleností mezi úsečkami 1 1' a 1' 1", stejně tak a_2 je dána kolmou vzdáleností mezi úsečkami 2" 2 a 2" 2'. Správné by bylo měřit průhyby a_1 , a_2 k bodu X resp. Y, jež však jsou v tomto případě víceméně fixní a navíc už samotná poloha těchto bodů jim znemožňuje jakoukoliv účast při měření.

Při porovnání použitých přídavků na dostřižení, se zřetelem na sledované parametry, vychází do popředí přídavek 0,15 mm před přídavkem 0,5 mm, který dává příliš značné průhyby a tím i odklony stěn otvoru od svislé osy. Kolmost střižných ploch se pohybuje u obou přídavků přibližně ve shodných mezích. Je pochopitelné, že na deformace má vliv i velikost přesahu, kde nejpříznivější výsledky vykazuje nulový přesah a přesah 0,01 mm.

Všimneme-li si hran střižnice, pak lze s určitostí tvrdit, že nejlepší dosažené výsledky má oblá hrana s nulovou vůlí, případně s vůlí 0,1 mm. Použitím ostré hrany bez i s vůlí se dosáhlo výsledků poměrně horších.

Zajímavou a příznivou skutečností je, že otvor ϕ 5 mm a otvor ϕ 10 mm mají přibližně shodné sledované parametry při stejných podmínkách stříhání. To by ukazovalo, že velikost otvoru nemá vliv na deformaci výstřižku.

Zde na tomto místě je třeba vrátit se zpět k popisu nástroje, kde bylo uvedeno, že střižník má průchozí vrtání pro založení trnu. A právě tohoto trnu bylo použito k experimentu, který měl prokázat možnost odstranění od-

chytek v kolmosti stěn otvoru.

Způsob realizace je vcelku jednoduchý: trn se na počátku zdvihu vsune do otvoru ve vzorku /trn má shodný průměr a průměrem otvoru/ a prodlévá v něm po celou dobu zdvihu, čímž brání deformaci otvoru.

Tabulka /10/ obsahuje hodnoty průměrů výstřižků při dostřižení oblou hranou bez vůle s použitím trnu.

Tabulka /11/ předvádí zjištěné hodnoty průhybů a odklonů stěn otvorů a střižných ploch při dostřižení oblou hranou bez vůle. Pro otvor ϕ 5 mm lze zaznamenat jisté zlepšení ve sledovaných parametrech, pro otvor ϕ 10 mm není zlepšení tak výrazné.

Trn tedy skutečně zajistí v přijatelných mezích kolmost stěn otvorů, zmenší se nebo dokonce vymizí průhyby, ale dojde ke vzniku odpružení většího rozsahu, než v případech, kdy se trnu nepoužije. Navíc v oblasti větších přesahů již ani trn dostatečně neovlivní sledované parametry.

| Přídavek na dostřžení - 0,15 mm | | přesah = 0 | | přesah = 0,01 | | přesah = 0,025 | | přesah = 0,035 | |
|---------------------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Tvar hrany střižnice | Číslo vzorku | D ₁ | d ₁ | D ₁ | d ₁ | D ₁ | d ₁ | D ₁ | d ₁ |
| | | D ₂ | d ₂ | D ₂ | d ₂ | D ₂ | d ₂ | D ₂ | d ₂ |
| oblá hrana vůle = 0 | 1 ; 2 | 25,022 | 4,963 | 25,013 | 4,813 | 24,955 | 4,861 | 24,987 | 4,958 |
| | | 25,039 | 5,067 | 25,013 | 5,071 | 25,150 | 5,014 | 25,024 | 5,123 |
| oblá hrana vůle = 0,1 | 3 ; 4 | 24,903 | 4,941 | 24,894 | 4,977 | 24,791 | 4,814 | 24,862 | 4,899 |
| | | 25,013 | 5,026 | 25,006 | 5,020 | 25,020 | 5,107 | 25,037 | 5,015 |
| ostrá hrana vůle = 0 | 5 ; 6 | 24,939 | 4,954 | 24,980 | 4,802 | 24,925 | 4,744 | 25,009 | 4,766 |
| | | 25,023 | 5,034 | 25,025 | 5,033 | 25,017 | 5,007 | 25,029 | 5,047 |
| ostrá hrana vůle = 0,1 | 7 ; 8 | 25,000 | 4,853 | 25,012 | 4,842 | 24,923 | 4,993 | 24,978 | 4,860 |
| | | 25,007 | 5,061 | 25,049 | 5,068 | 25,015 | 5,111 | 25,018 | 5,060 |
| oblá hrana vůle = 0 | 1 ; 2 | 24,971 | 9,918 | 25,027 | 9,842 | 24,954 | 9,839 | 24,981 | 9,749 |
| | | 25,066 | 10,017 | 25,060 | 10,050 | 25,022 | 10,099 | 25,025 | 10,041 |
| oblá hrana vůle = 0,1 | 3 ; 4 | 25,007 | 9,896 | 24,823 | 9,909 | 24,830 | 9,705 | 25,024 | 9,771 |
| | | 25,036 | 10,038 | 25,043 | 10,047 | 25,050 | 10,055 | 25,042 | 10,000 |
| ostrá hrana vůle = 0 | 5 ; 6 | 24,947 | 9,546 | 24,812 | 9,514 | 24,932 | 9,503 | 25,000 | 9,461 |
| | | 25,028 | 10,064 | 25,023 | 10,045 | 25,035 | 10,009 | 25,000 | 9,998 |
| ostrá hrana vůle = 0,1 | 7 ; 8 | 24,937 | 9,796 | 24,956 | 9,625 | 24,834 | 9,619 | 24,973 | 9,584 |
| | | 25,002 | 9,921 | 24,986 | 10,012 | 24,970 | 10,121 | 24,976 | 10,083 |

Tab. 5. Rozměry vzorků po dostřžení.

| Přídavek na dostřižení - 0,5 mm | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Tvar hrany střižnice | Číslo vzorku | přesah = 0 | | přesah = 0,01 | | přesah = 0,025 | | přesah = 0,035 | |
| | | D ₁ D ₂ | d ₁ d ₂ | D ₁ D ₂ | d ₁ d ₂ | D ₁ D ₂ | d ₁ d ₂ | D ₁ D ₂ | d ₁ d ₂ |
| oblá hrana vůle = 0 | 1 ; 2 | 25,003 | 4,434 | 24,960 | 4,313 | 25,000 | 4,404 | 25,019 | 4,285 |
| | | 25,040 | 5,050 | 25,054 | 5,043 | 25,025 | 5,044 | 25,026 | 5,027 |
| oblá hrana vůle = 0,1 | 3 ; 4 | 24,919 | 4,482 | 25,066 | 4,466 | 24,977 | 4,464 | 25,043 | 4,507 |
| | | 24,990 | 5,076 | 25,021 | 5,061 | 25,018 | 5,012 | 25,046 | 5,007 |
| ostrá hrana vůle = 0 | 5 ; 6 | 25,005 | 4,342 | 25,018 | 4,372 | 24,926 | 4,496 | 24,925 | 4,430 |
| | | 25,044 | 5,032 | 25,036 | 5,046 | 25,005 | 5,081 | 24,996 | 5,089 |
| ostrá hrana vůle = 0,1 | 7 ; 8 | 24,973 | 4,556 | 24,915 | 4,480 | 24,898 | 4,683 | 24,966 | 4,557 |
| | | 25,027 | 5,065 | 25,008 | 5,099 | 25,005 | 5,153 | 25,013 | 5,152 |
| oblá hrana vůle = 0 | 1 ; 2 | 24,985 | 8,953 | 24,980 | 8,994 | 24,986 | 9,020 | 25,031 | 8,917 |
| | | 25,044 | 10,062 | 25,012 | 9,883 | 25,039 | 10,071 | 25,033 | 9,959 |
| oblá hrana vůle = 0,1 | 3 ; 4 | 24,893 | 9,162 | 25,011 | 9,146 | 24,889 | 9,168 | 24,985 | 9,195 |
| | | 25,008 | 9,993 | 25,027 | 9,900 | 25,004 | 9,956 | 25,004 | 9,950 |
| ostrá hrana vůle = 0 | 5 ; 6 | 24,929 | 8,954 | 24,979 | 9,000 | 24,950 | 9,139 | 24,988 | 8,979 |
| | | 24,982 | 10,147 | 25,007 | 10,119 | 25,000 | 9,976 | 25,015 | 10,052 |
| ostrá hrana vůle = 0,1 | 7 ; 8 | 24,915 | 9,194 | 24,924 | 9,152 | 24,891 | 9,150 | 24,923 | 9,213 |
| | | 24,983 | 10,066 | 24,979 | 10,050 | 25,000 | 10,130 | 24,967 | 10,029 |

Tab.6. Rozměry vzorků po dostřižení.

| Přídavek na dostřižení - 0,15 mm | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Tvar hrany střižnice | Číslo vzorku | přesah = 0 | | přesah = 0,01 | | přesah = 0,025 | | přesah = 0,035 | |
| | | otvor ϕ 5 | otvor ϕ 10 | otvor ϕ 5 | otvor ϕ 10 | otvor ϕ 5 | otvor ϕ 10 | otvor ϕ 5 | otvor ϕ 10 |
| oblá hrana vůle = 0 | 1 ; 2 | IT7 | IT9 | IT5 | IT9 | IT8 | IT8 | IT8 | IT8 |
| oblá hrana vůle = 0,1 | 3 ; 4 | IT11 | IT7 | IT11 | IT12 | IT11 | IT10 | IT11 | IT7 |
| ostrá hrana vůle = 0 | 5 ; 6 | IT10 | IT10 | IT9 | IT12 | IT11 | IT10 | IT5 | IT7 |
| ostrá hrana vůle = 0,1 | 7 ; 8 | IT7 | IT10 | IT7 | IT9 | IT11 | IT11 | IT9 | IT9 |
| Přídavek na dostřižení - 0,5 mm | | | | | | | | | |
| oblá hrana vůle = 0 | 1 ; 2 | IT8 | IT8 | IT9 | IT8 | IT5 | IT5 | IT7 | IT6 |
| oblá hrana vůle = 0,1 | 3 ; 4 | IT11 | IT11 | IT9 | IT5 | IT7 | IT10 | IT8 | IT7 |
| ostrá hrana vůle = 0 | 5 ; 6 | IT7 | IT10 | IT6 | IT8 | IT9 | IT9 | IT10 | IT8 |
| ostrá hrana vůle = 0,1 | 7 ; 8 | IT9 | IT11 | IT10 | IT10 | IT10 | IT10 | IT9 | IT10 |

Tab.7. Rozměrové tolerance vnějšího dostřihovaného průměru vzhledem k průměru otvoru ve střižnici.

| Přídavek na dostřižení - 0,15 mm | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|------|----------------|----------------|------|-------|
| otvor ve vzorku = ϕ 5 mm | | | | | | | | | | | | | | |
| Tvar hrany střižnice | Číslo vzorku | přesah = 0 | | | přesah = 0,01 | | | přesah = 0,025 | | | přesah = 0,035 | | | |
| | | a ₁ | a ₂ | d | a ₁ | a ₂ | d | a ₁ | a ₂ | d | a ₁ | a ₂ | d | o |
| oblá hr. vřle = 0 | 1 ; 2 | 0 | 0 | 30' | 0 | 0 | 40' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| oblá hr. vřle = 0,1 | 3 ; 4 | 0,04 | 0 | 35' | 0 | 0 | 50' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ostrá hr. vřle = 0 | 5 ; 6 | 0,30 | 0,18 | 30,5' | 0,26 | 0,14 | 21,6' | 0,15 | 0,08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ostrá hr. vřle = 0,1 | 7 ; 8 | 0,10 | 0,08 | 45' | 0,32 | 0,10 | 12,6' | 0,35 | 0,23 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,20 |
| otvor ve vzorku = ϕ 10 mm | | | | | | | | | | | | | | |
| oblá hr. vřle = 0 | 1 ; 2 | 0 | 0 | 40' | 0 | 0 | 30' | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| oblá hr. vřle = 0,1 | 3 ; 4 | 0,15 | 0,08 | 15' | 0,1 | 0,06 | 11,5' | 1' | 0,36 | 0,11 | 40' | 0,14 | 0,11 | 2° |
| ostrá hr. vřle = 0 | 5 ; 6 | 0,30 | 0,30 | 31,5' | 0,33 | 0,18 | 25,6' | 0,20 | 0,35 | 0,18 | 25,6' | 0,47 | 0,24 | 23,6' |
| ostrá hr. vřle = 0,1 | 7 ; 8 | 0,20 | 0,14 | 15,0' | 0,23 | 0,20 | 20,5' | 0,56 | 0,15 | 0,15 | 10' | 0,32 | 0,18 | 50' |

Tab. 8. Geometrie dostřižených vzorků.

| Přídavek na dostřižení - 0,5 mm | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------|---------------|----------------|----------------|----------------|------|----------------|----------------|------|------|----------|
| otvor ve vzorku = ϕ 5 mm | | | | | | | | | | | | | | |
| Tvar hrany střižnice | Číslo vzorku | přesah = 0 | | | přesah = 0,01 | | | přesah = 0,025 | | | přesah = 0,035 | | | |
| | | a ₁ | a ₂ | d | o | a ₁ | a ₂ | d | o | a ₁ | a ₂ | d | o | |
| oblá hr. vůle = 0 | 1 ; 2 | 0,74 | 0,68 | 6° | 120' | 0,75 | 0,71 | 540' 30' | 0,64 | 0,58 | 220' 10' | 0,68 | 0,52 | 503' 20' |
| oblá hr. vůle = 0,1 | 3 ; 4 | 0,48 | 0,38 | 3° | 35' | 0,50 | 0,43 | 325' 55' | 0,63 | 0,52 | 350' 25' | 0,63 | 0,50 | 220' 1° |
| ostrá hr. vůle = 0 | 5 ; 6 | 0,62 | 0,45 | 415' 45' | | 0,69 | 0,63 | 525' 120' | 0,64 | 0,56 | 405' 50' | 0,09 | 0,06 | 615' 40' |
| ostrá hr. vůle = 0,1 | 7 ; 8 | 0,51 | 0,42 | 305' 110' | | 0,06 | 0,49 | 210' 1° | 0,62 | 0,51 | 320' 55' | 0,48 | 0,46 | 3° 110' |
| otvor ve vzorku = ϕ 10 mm | | | | | | | | | | | | | | |
| oblá hr. vůle = 0 | 1 ; 2 | 0,72 | 0,56 | 825' 30' | | 0,70 | 0,56 | 705' 35' | 0,83 | 0,71 | 547' 105' | 0,75 | 0,57 | 530' 30' |
| oblá hr. vůle = 0,1 | 3 ; 4 | 0,55 | 0,40 | 630' 40' | | 0,48 | 0,40 | 355' 40' | 0,45 | 0,40 | 540' 30' | 0,43 | 0,27 | 445' 20' |
| ostrá hr. vůle = 0 | 5 ; 6 | 0,76 | 0,58 | 535' 30' | | 0,09 | 0,06 | 8° 30' | 0,38 | 0,30 | 610' 5' | 0,88 | 0,58 | 940' 45' |
| ostrá hr. vůle = 0,1 | 7 ; 8 | 0,62 | 0,41 | 320' 10' | | 0,55 | 0,05 | 115' 1° | 0,54 | 0,34 | 430' 1° | 0,62 | 0,49 | 430' 50' |

Tab. 9. Geometrie dostřižených vzorků.

| | | |
|-----------------|-----|----------------|
| VŠST Liberec | 30. | Katedra KMT |
| Fakulta strojní | | DP - ST 654/68 |

| Přídavek na dostřižení - 0,15 mm | | | | | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Číslo vzorku | přesah = 0 | | přesah = 0,01 | | přesah = 0,025 | | přesah = 0,035 | |
| | D ₁ D ₂ | d ₁ d ₂ | D ₁ D ₂ | d ₁ d ₂ | D ₁ D ₂ | d ₁ d ₂ | D ₁ D ₂ | d ₁ d ₂ |
| 9. | 25082 25084 | 5008 5015 | 25086 25090 | 5044 5058 | 25031 25036 | 5050 5059 | 25084 25088 | 5028 5034 |
| 9. | 25076 25091 | 19012 19016 | 25047 25089 | 19012 19015 | 24994 25041 | 9891 19009 | 25026 25094 | 9971 19004 |

Tab.10. Rozměry vzorků po dostřižení.

| Přídavek na dostřižení - 0,15 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|----|----|----------------|----------------|----|---|----------------|----------------|----|----|----------------|----------------|----|----|----|----|
| otvor ve vzorku = ϕ 5 mm; trn = ϕ 5 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Číslo vzorku | přesah = 0 | | | | přesah = 0,01 | | | | přesah = 0,025 | | | | přesah = 0,035 | | | | | |
| | a ₁ | a ₂ | d | o | a ₁ | a ₂ | d | o | a ₁ | a ₂ | d | o | a ₁ | a ₂ | d | o | | |
| 9. | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 11 | 35 | 0 | 17 | 14 | 35 | 35 |
| otvor ve vzorku = ϕ 10 mm; trn = ϕ 10 mm | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. | 0 | 0 | 20 | 15 | 0 | 0 | 25 | 5 | 0 | 0 | 30 | 40 | 0 | 11 | 07 | 10 | 5 | 10 |

Tab.11. Geometrie dostřižených vzorků.

Vzhled střižných ploch na vnějších průměrech výstřižků.

Dosažení kvalitního povrchu je pro přesný stříh nutností jak po stránce vzhledu, tak i s hlediska funkce výstřižku.

Na následujících listech jsou předvedeny fotografie střižných ploch na vnějším průměru, získané dostřížením střižnicí s oblou i ostrou hranou. Zvětšení fotografií je čtyřnásobné. Z předvedené serie obrázků střižných ploch pouze některé vyhovují svým vzhledem:

| Číslo fotografie | Přídavek /mm/ | Přesah /mm/ | Vůle /mm/ | Hrana střižnice |
|------------------|---------------|-------------|-----------|-----------------|
| 1. | 0,15 | 0 | 0 | oblá |
| 2. | 0,15 | 0,01 | 0 | oblá |
| 3. | 0,15 | 0,025 | 0 | oblá |
| 17. | 0,15 | 0 | 0 | ostrá |
| 18. | 0,15 | 0,01 | 0 | ostrá |
| 19. | 0,15 | 0,025 | 0 | ostrá |
| 25. | 0,15 | 0 | 0,1 | ostrá |
| 26. | 0,15 | 0,01 | 0,1 | ostrá |
| 27. | 0,15 | 0,025 | 0,1 | ostrá |

U těchto uvedených střižných ploch se nevyskytuje smyková oblast, která má za následek zhoršenou kvalitu. Na ostatních fotografiích zachycené střižné plochy jsou více či méně znehodnoceny výskytem smykové oblasti.

Na důkaz toho, že boční tlak má vliv na vzhled střižné plochy, je pod číslem fotografie 33. předložena střižná plocha výstřižku stříhaného bez nalísování do příruby, ale jinak za naprosto shodných podmínek jako výstřižek, jehož střižná plocha je uvedena na fotografii č.1. Srovnáním fotografií č.1 a 33 lze zaznamenat určitý kvalitativní rozdíl ve vzhledu střižných ploch.

U některých výstřižků se na střižných plochách dá pozorovat hned za pásmem zaoblení výskyt pásma, které je charak-

teristické mírným prohloubením na celém obvodu, bez ohledu na to, zda byl vzorek stříhán oblou či ostrou hranou s vůlí nebo bez ní. Výskyt tohoto pásma se omezuje na přídavek 0,5 mm, pro všechny přesahy a u přídávku 0,15 mm pouze u přesahů 0,025 a 0,035 mm.

Pravděpodobnou příčinou, která způsobuje vznik popsaného pásma je oddělovaná tříska, která se v průběhu pracovního zdvihu dostane mezi výstřižek a stěnu příruby, napěchuje se a tlačí na výstřižek.

Vzhled střižných ploch se stává směrodatným pro posouzení, které podmínky, v souladu se závěry získanými při hodnocení rozměrové přesnosti a tvarových deformací výstřižků, jsou nejvhodnější pro dostřihování. Výše uvedený přehled podává výčet podmínek dostřihování, které jsou schopny zaručit kvalitní střižné plochy.

Tvar oddělované třísky.

Pro oba přídávky - 0,15 a 0,5 mm má oddělovaná tříška tvar kruhového prstence. Po skončení pracovního zdvihu tříška ulpívá na střižníku - v případě přídávku 0,5 mm, nebo zůstává na hranách střižnice - v případě přídávku 0,15 mm, tady se projevuje stírací účinek příruby.

Na obr.12 je kořen třísky v místě styku s hranou střižnice pro přídavek 0,15 mm /stříháno oblou hranou bez vůle/. Na obr.13 je kořen třísky v místě styku s hranou střižnice pro přídavek 0,5 mm /stříháno oblou hranou bez vůle/. Z porovnání obrázků plyne, že v případě přídávku 0,5 mm dochází v oblasti oddělovaného materiálu ke značnému protažení zrn a tím i ke zpevnění materiálu, zatímco u přídávku 0,15 mm je protažení zrn mírnější.

Obdobně lze charakterizovat střihy ostrou hranou bez vůle, kde na obr.14 je zachycen kořen třísky v místě styku s hranou střižnice pro přídavek 0,15 mm - nejsou patrné deformace zrn, a na obr.15 pro přídavek 0,5 mm, kde

naopak jsou deformace zrn značné.



Obr.12



Obr. 13

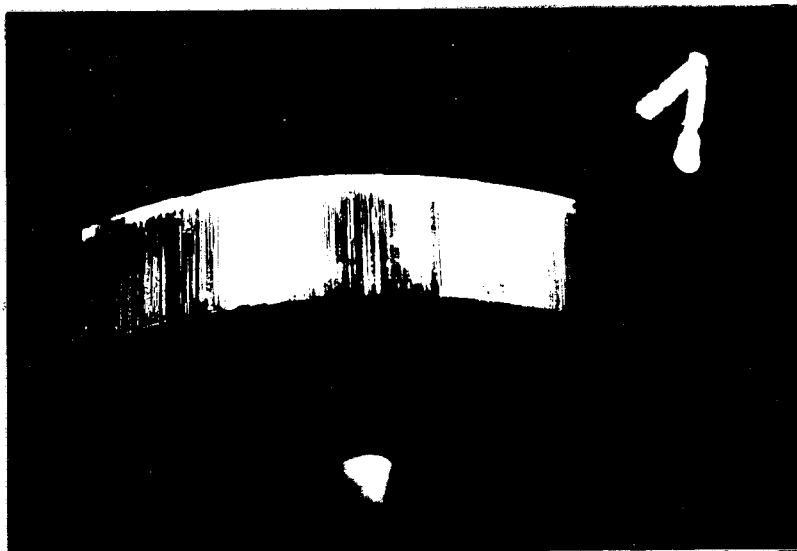


Obr.14



Obr.15

Zvětšeno 160 krát.



Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0 mm

Vůle = 0 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/

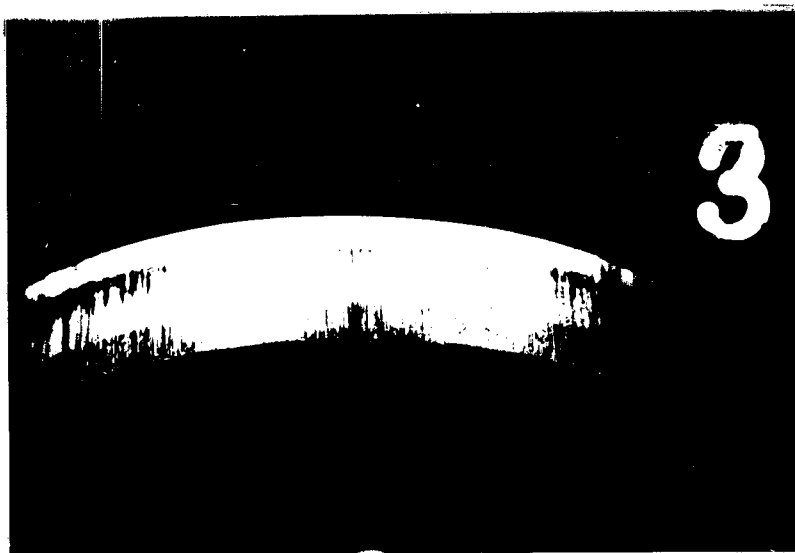


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,01 mm

Vůle = 0 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/

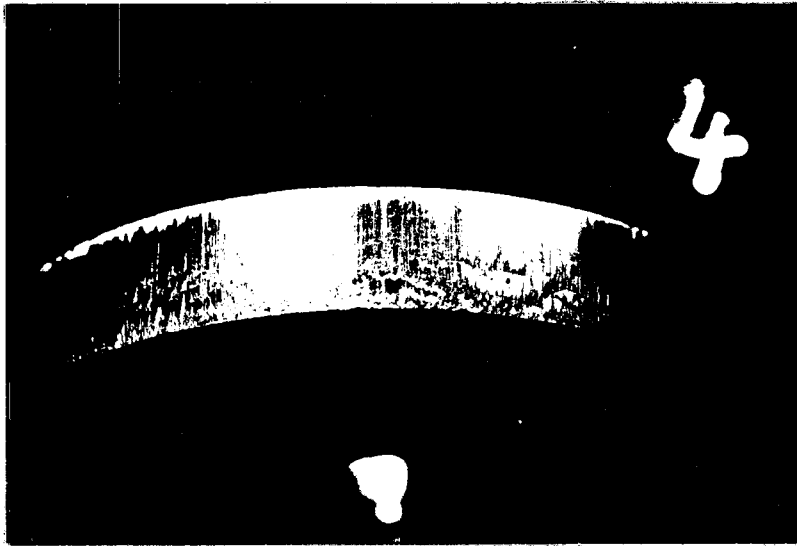


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,025 mm

Vůle = 0 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/



Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,035 mm

Vůle = 0 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm /



Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0 mm

Vůle = 0 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm /



Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0,01 mm

Vůle = 0 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm /



Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0,025 mm

Vůle = 0 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/

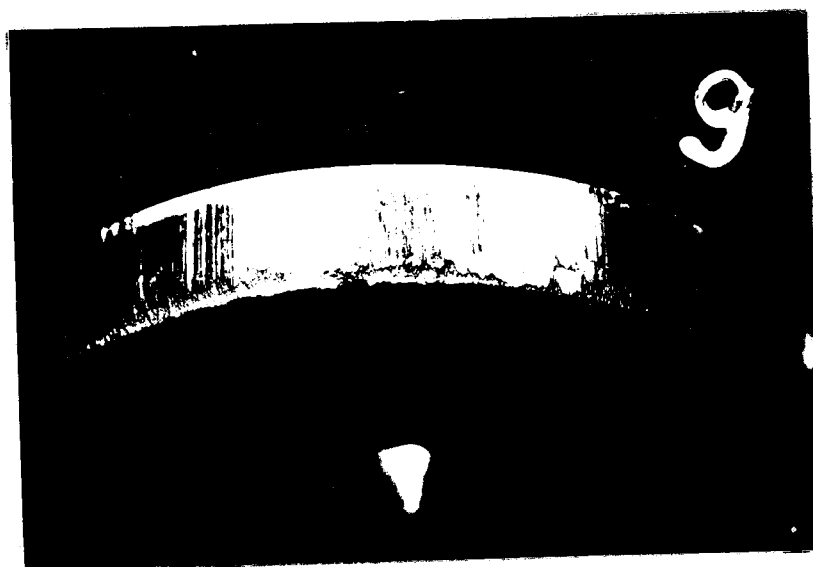


Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0,035 mm

Vůle = 0 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/

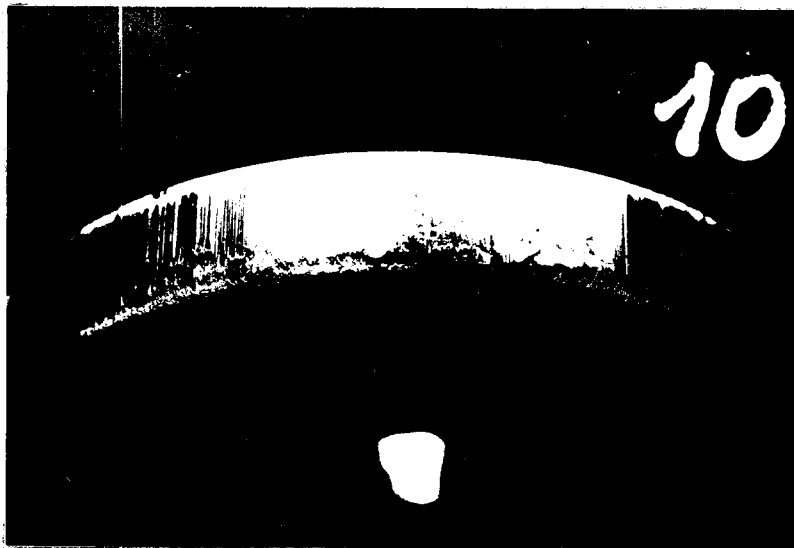


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0 mm

Vůle = 0,1 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/



Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,01 mm

Vůle = 0,1 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/



Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,025 mm

Vůle = 0,1 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/

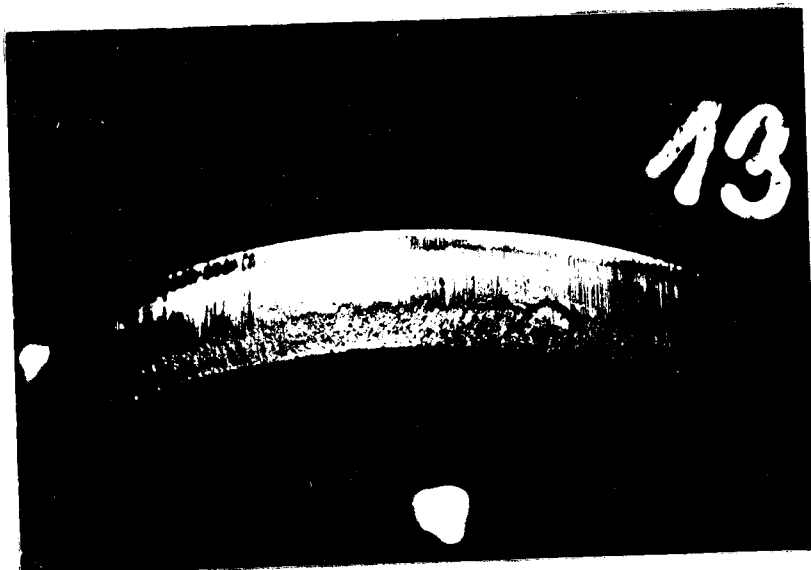


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,035 mm

Vůle = 0,1 mm

Oblá hrana
/ $r = 0,3$ mm/

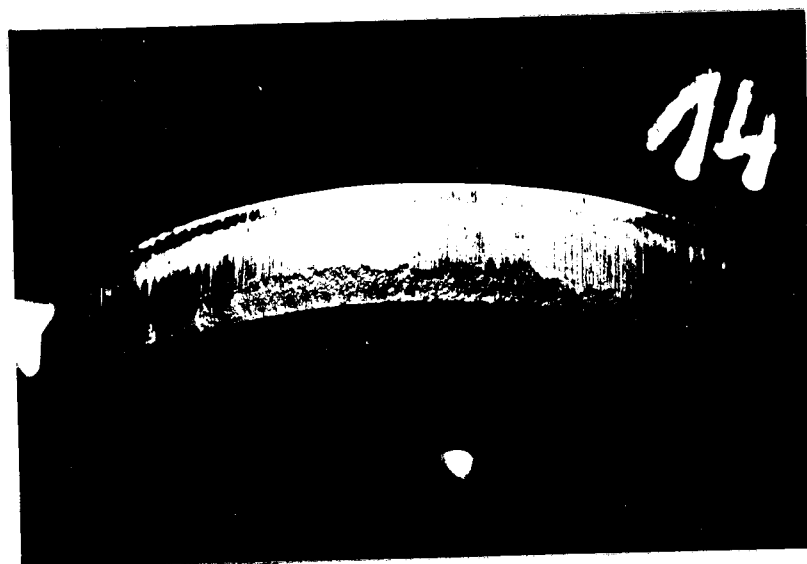


Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0 mm

Vůle = 0,1 mm

Oblá hrana
/r = 0,3 mm/

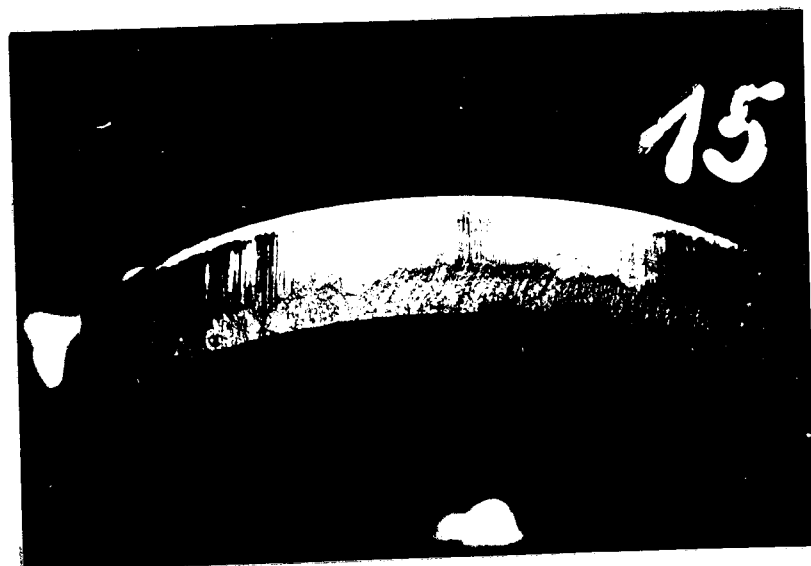


Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0,01 mm

Vůle = 0,1 mm

Oblá hrana
/r = 0,3 mm/

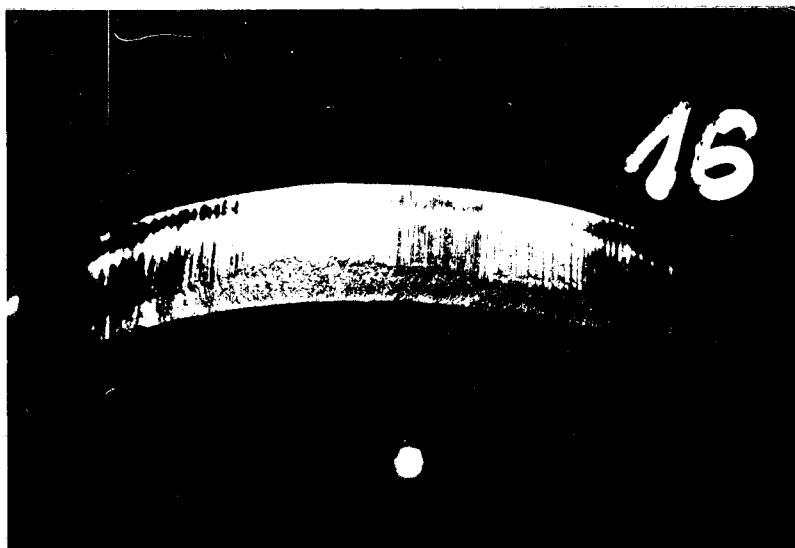


Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0,025 mm

Vůle = 0,1 mm

Oblá hrana
/r = 0,3 mm/



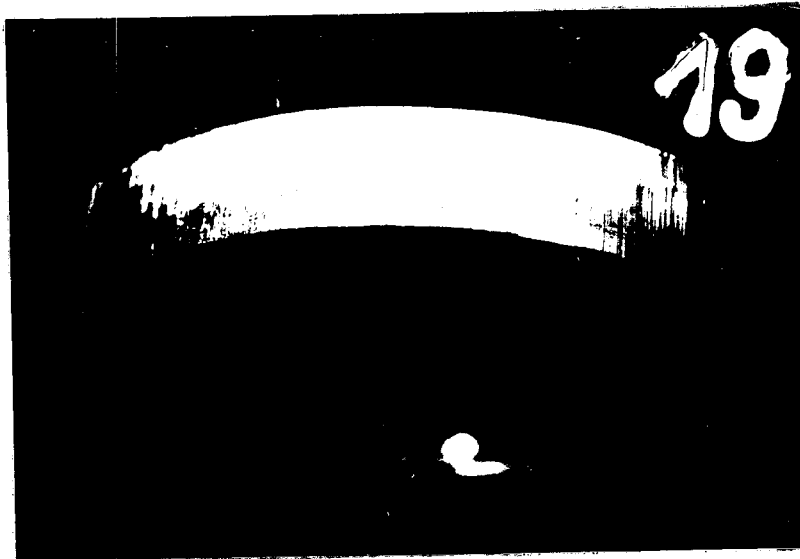
Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm
Přesah = 0,035 mm
Vůle = 0,1 mm
Oblá hrana
/r = 0,3 mm/



Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm
Přesah = 0 mm
Vůle = 0 mm
Ostrá hrana



Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm
Přesah = 0,01 mm
Vůle = 0 mm
Ostrá hrana

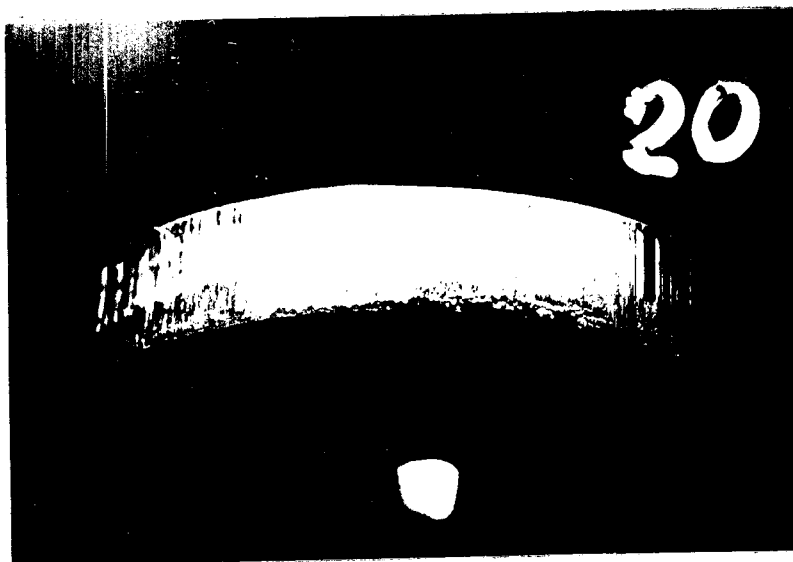


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,025 mm

Vůle = 0 mm

Ostrá hrana

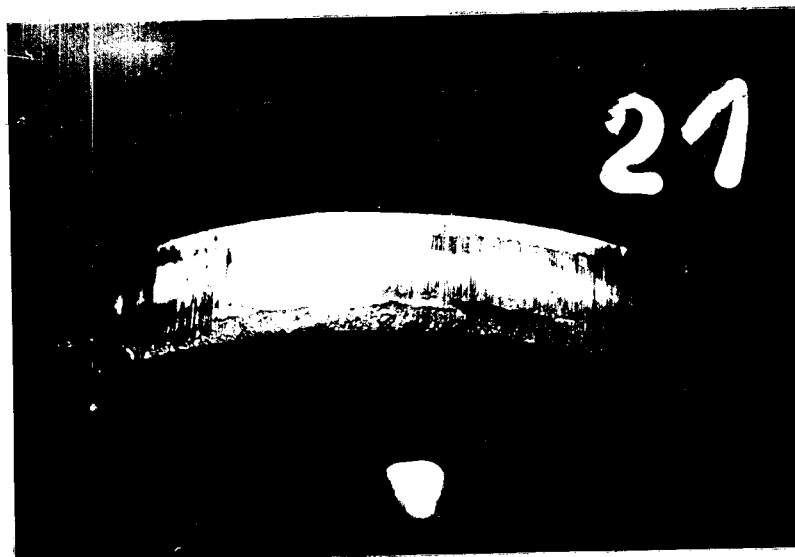


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,035 mm

Vůle = 0 mm

Ostrá hrana

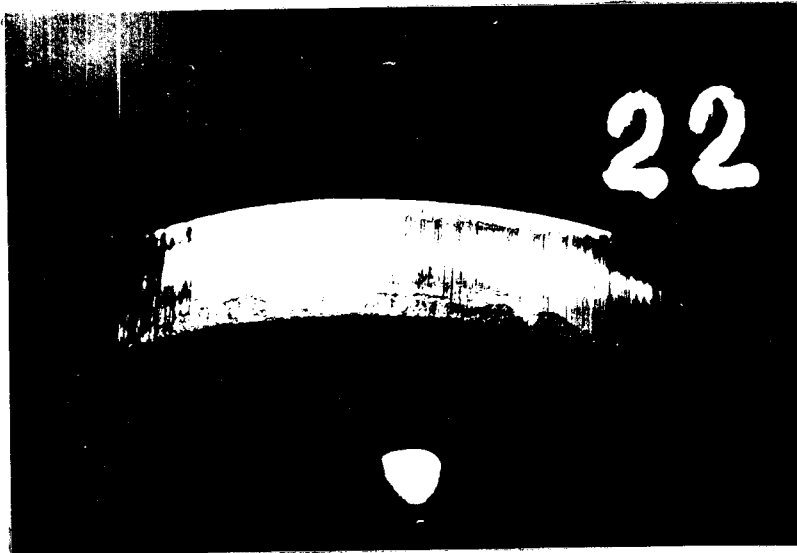


Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0 mm

Vůle = 0 mm

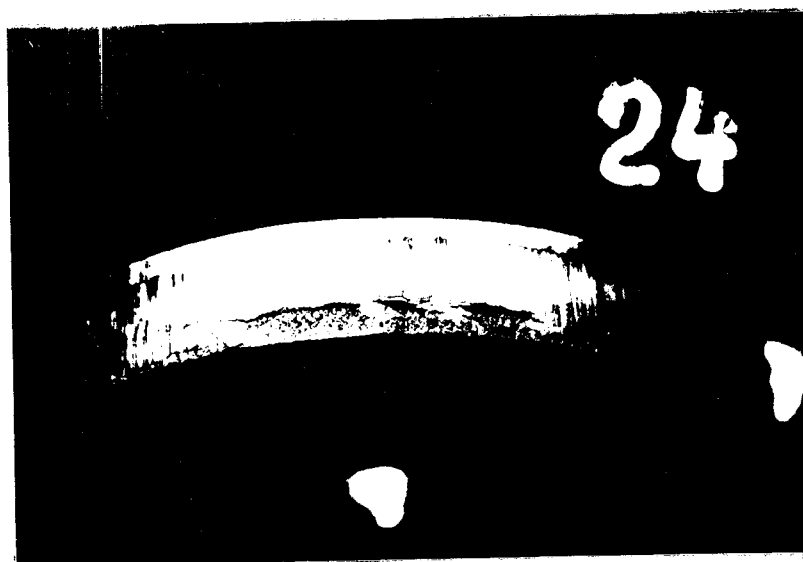
Ostrá hrana



Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm
Přesah = 0,01 mm
Vůle = 0 mm
Ostrá hrana



Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm
Přesah = 0,025 mm
Vůle = 0 mm
Ostrá hrana



Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm
Přesah = 0,035 mm
Vůle = 0 mm
Ostrá hrana

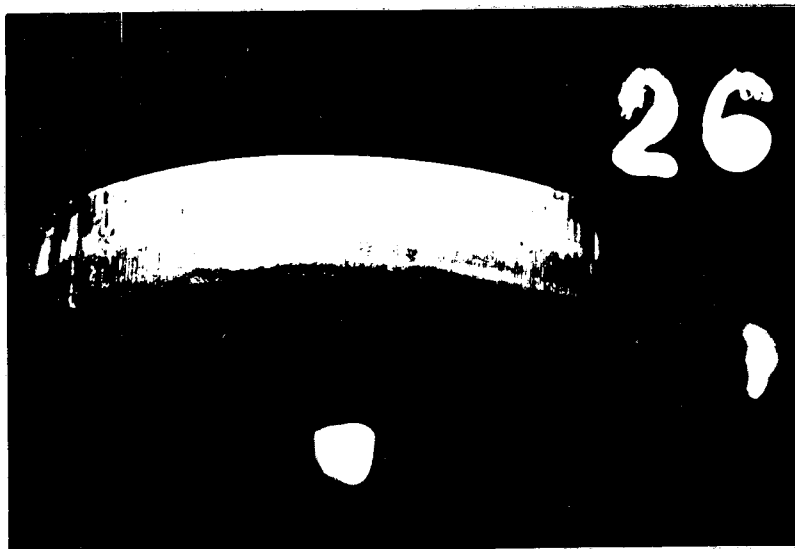


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0 mm

Vůle = 0,1 mm

Ostrá hrana

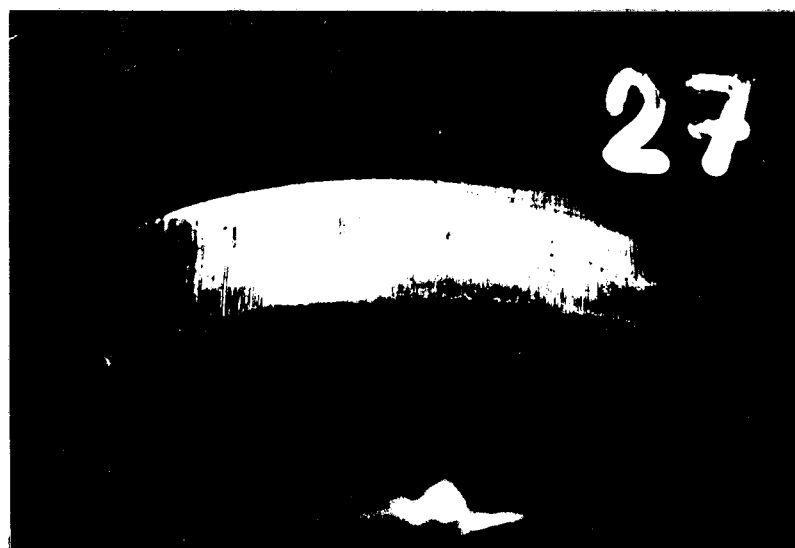


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Přesah = 0,01 mm

Vůle = 0,1 mm

Ostrá hrana

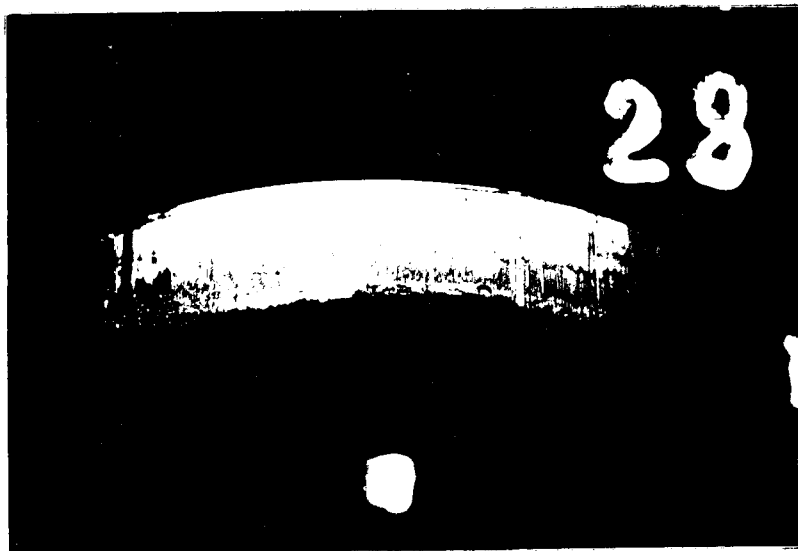


Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

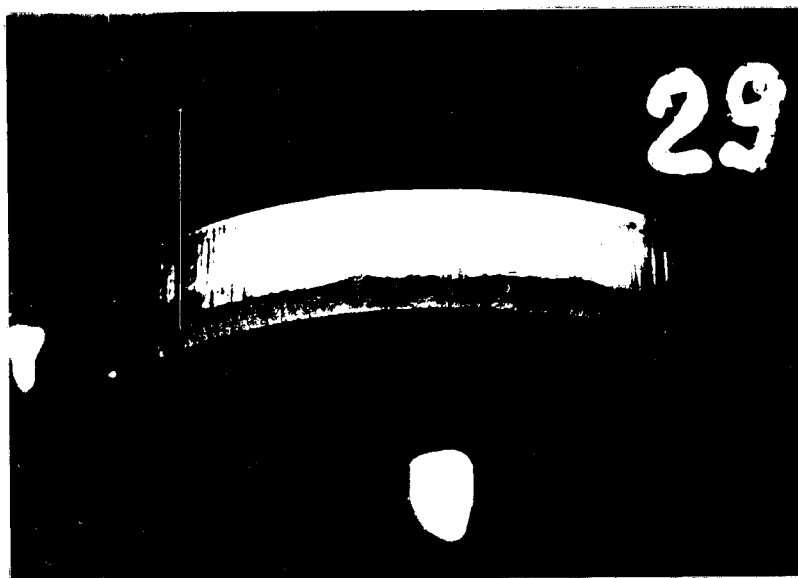
Přesah = 0,025 mm

Vůle = 0,1 mm

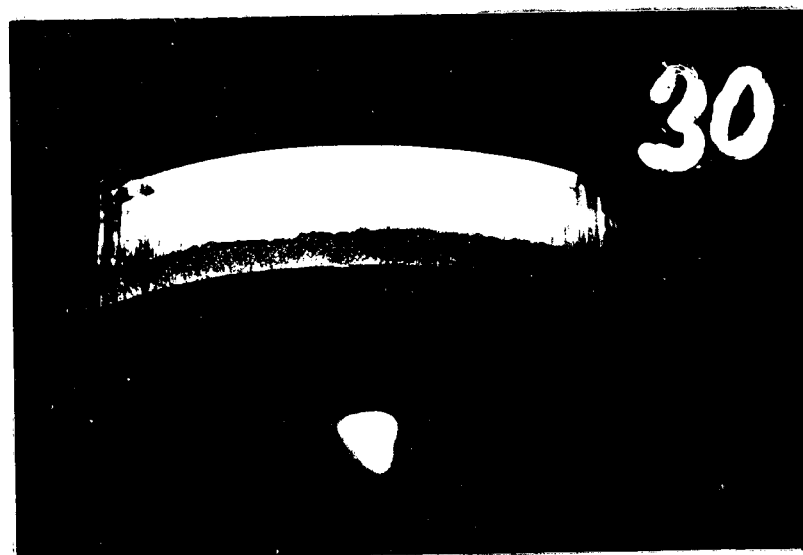
Ostrá hrana



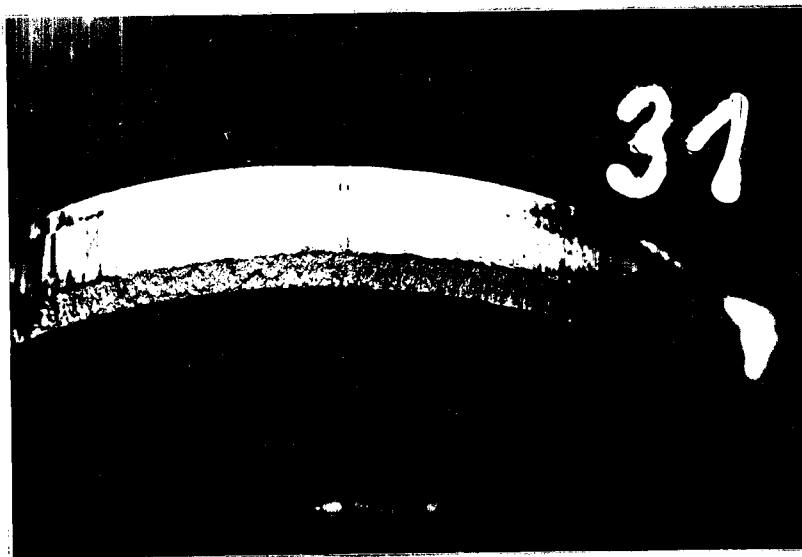
Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm
Přesah = 0,035 mm
Vůle = 0,1 mm
Ostrá hrana



Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm
Přesah = 0 mm
Vůle = 0,1 mm
Ostrá hrana



Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm
Přesah = 0,01 mm
Vůle = 0,1 mm
Ostrá hrana

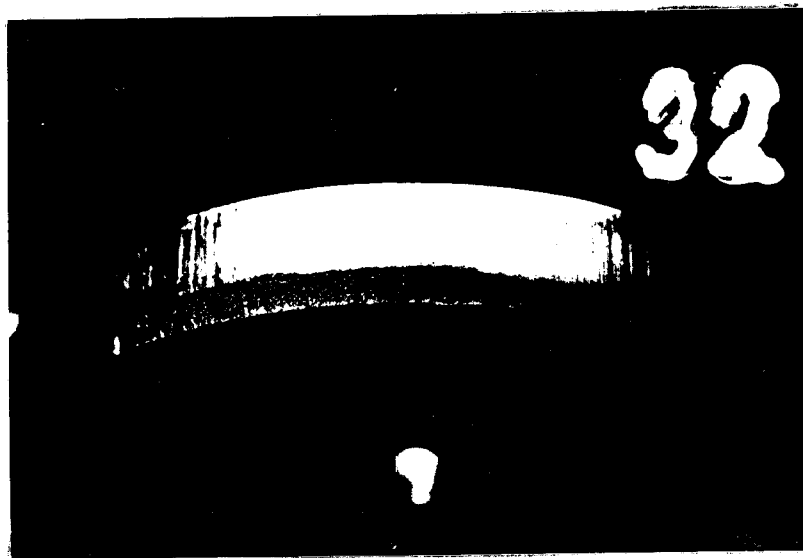


Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0,025 mm

Vůle = 0,1 mm

Ostrá hrana

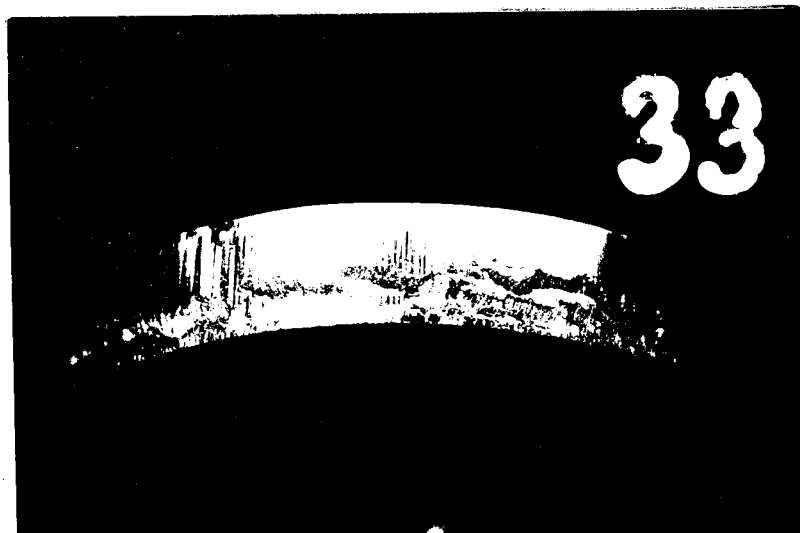


Přídavek na dostři-
žení = 0,5 mm

Přesah = 0,035 mm

Vůle = 0,1 mm

Ostrá hrana



Přídavek na dostři-
žení = 0,15 mm

Bez nalisování

Vůle = 0 mm

Oblá hrana

/r = 0,3 mm/

Shrnutí výsledků.

Rozměrová přesnost.

Je lhostejné, provádí-li se stříhání oblou či ostrou hranou, s vůlí nebo bez ní. Stejně tak přídavek na dostřižení neovlivňuje rozměrovou přesnost vnějšího průměru výstřižku. Způsobuje však změnu rozměrů vnitřních otvorů, která je přímo úměrná velikosti přídavku na dostřižení.

Přesah se na přesnosti vnějšího dostřihovaného průměru nepodílí, ale má podstatný vliv na změny rozměrů předstřiženého tvaru, t.j. s rostoucím přesahem nelze zaručit přípustnou rozměrovou změnu vnitřního otvoru. Dochází ke změnám průměru otvoru v celé jeho hloubce.

Tvarová deformace výstřižků.

Z obou sledovaných přídavků na dostřižení se přídavek 0,5 mm projevil jako naprosto nevhodný. Způsobuje značné tvarové deformace výstřižků. Ve zcela jiném světle se ukázal přídavek 0,15 mm, který dosahoval daleko příznivějších hodnot sledovaných parametrů tvarové deformace.

Stříháním oblou hranou bez i s vůlí se získaly vcelku přijatelné sledované hodnoty tvarové deformace; zatímco ostrá hrana /bez i s vůlí/ se projevila ve zvýšené deformaci výstřižků.

U přesahů bylo konstatováno, že s rostoucím přesahem roste i celková deformovanost výstřižků. Je tedy namísto preference nízkých hodnot z použité řady přesahů, resp. nulového přesahu.

Vzhled střižných ploch na vnějším obrysu výstřižků.

Požadavku kvalitní střižné plochy vyhovuje: přídavek 0,15 mm; přesah 0 až 0,025 mm; oblá hrana bez vůle a ostrá hrana bez i s vůlí.

Poněvadž, a tady se dá mluvit jako o celku, dochází při použití sledovaných střižných podmínek k větším či menším tvarovým deformacím výstřižků /jde především o průhyby a odklony stěn otvorů od svislé osy/, je nutné přistoupit k opatření, od něhož se dá právem očekávat, že zmíněné deformace odstraní.

Tímto opatřením se v současném stadiu zkoumání metody průtlačného dostřihování jeví použití spodního přidržovače.

Další část této práce se zabývá výpočtem a konstrukčním návrhem spodního přidržovače.

Spodní přidržovač.

Je navržen a počítán pro výstředníkový lis LENP 40.
 Požadavky: vyvodit protitlak $P = 17000$ až 17500 kp.
 Způsob přenosu protitlaku: tlaková kapalina $p = 100$ at.

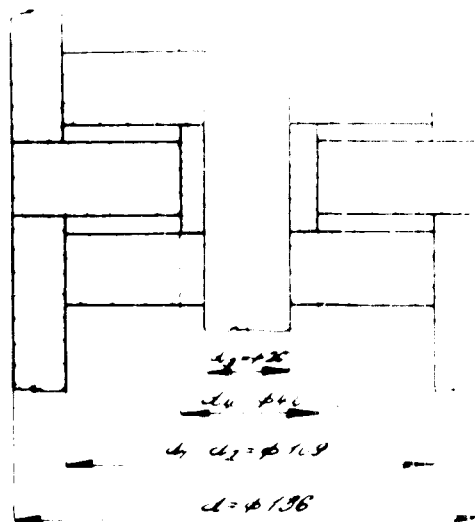
Činná plocha přidržovače:

$$F = \frac{P}{p} = \frac{17500}{100} = 175 \text{ cm}^2$$

Při rozdělení této pracovní plochy na dva písty:

$$F_1 = F_2 = 87,5 \text{ cm}^2 \Rightarrow d_p = 105 \text{ mm}$$

Je nutné počítat s plochou pístnice a distanční trubky, které zmenšují činnou plochu přidržovače, v důsledku toho je třeba zvýšit průměr pístů.



Obr. 16

Užitím pístnice a distanční trubky průměrů uvedených na obr.16 se pracovní plocha rozdělí na oba písty takto:

$$F'_1 = 93,80 \text{ cm}^2$$

$$F'_2 = 81,20 \text{ cm}^2$$

Z výrobního hlediska zachování stejných rozměrů pístů /1., 2./ vyplývá, že píst 1. ponese větší část protitlaku a píst 2. zbývající menší část.

Pracovní plocha pístu 1. je zvětšena o čelní plochu pístnice, kdežto pracovní plocha pístu 2. je zmenšena o plochu pístnice a plochu distanční trubky.

Čistá plocha pístů: $F_p = 88,50 \text{ cm}^2 \rightarrow d_p = 109 \text{ mm}$

Plocha pístnice: $F_3 = \frac{\pi d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot 2,6^2}{4} = 5,3 \text{ cm}^2$

Plocha distanční trubky:

$$F_4 = \frac{\pi d_4^2}{4} - \frac{\pi d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4^2}{4} - \frac{\pi \cdot 2,6^2}{4} = 7,3 \text{ cm}^2$$

Pracovní plocha pístu 1. :

$$F_{1p} = F_p + F_3 = 88,50 + 5,3 = 93,80 \text{ cm}^2$$

Pracovní plocha pístu 2. :

$$F_{2p} = F_p - F_4 = 88,50 - 7,3 = 81,20 \text{ cm}^2$$

Celková pracovní plocha:

$$F = F_{1p} + F_{2p} = 93,80 + 81,20 = 175 \text{ cm}^2$$

Síla vyvozená pístem 1. :

$$P_1 = F_{1p} \cdot p = 93,80 \cdot 100 = 9380 \text{ kN}$$

Síla vyvozená pístem 2. :

$$P_2 = F_{2p} \cdot p = 81,20 \cdot 100 = 8120 \text{ kN}$$

Celková síla:

$$P_c = P_1 + P_2 = 9380 + 8120 = 17500 \text{ kN}$$

Kontrola na otláčení.

a/ kontrola na otláčení ve styku pístu 1. a distanční trubky.

Působící síla: $P_1 = 9380 \text{ kp}$

Plocha kontrolovaná na otláčení: $F_4 = 7,3 \text{ cm}^2$

Tlakové namáhání:

$$\sigma_d = \frac{P}{F_4} = \frac{9380}{7,3} = 1285 \text{ kp/cm}^2 = 12,85 \text{ kp/mm}^2 < \sigma_{doyd}$$

Pro materiál distanční trubky 13250 kalený na 60HRc platí: $\sigma_{doyd} = 75 \text{ kp/mm}^2$

b/ kontrola na otláčení ve styku pístu 2. a pístnice.

Působící síla: $P_2 = 17500 \text{ kp}$

Plocha kontrolovaná na otláčení: $F_4 = 7,3 \text{ cm}^2$

Tlakové namáhání:

$$\sigma_d = \frac{P_2}{F_4} = \frac{17500}{7,3} = 2400 \text{ kp/cm}^2 = 24 \text{ kp/mm}^2 < \sigma_{doyd}$$

Pro materiál pístnice 13250 kalený na 60HRc platí:

$$\sigma_{doyd} = 75 \text{ kp/mm}^2$$

Oba písty materiál: 13250 kalený na 60 HRc.

Pracovní prostory obou pístů jsou odděleny mezistěnou, která je vyrobena z materiálu 12060 žíhaného.

c/ Kontrola na otláčení stahovacích trubek.

V podstatě je třeba počítat se silou, kterou jsou utaheny šrouby, stahující části přídržovače.

Působící síla: $P = 22800 \text{ kp}$

Plocha kontrolovaná na otláčení: $F = 62,2 \text{ cm}^2$

Tlakové namáhání:

$$\sigma_d = \frac{P}{F} = \frac{22800}{62,2} = 366 \text{ kp/cm}^2 = 3,66 \text{ kp/mm}^2 < \sigma_{doyd}$$

Pro materiál trubek 11370 žíhaný platí:

$$\sigma_{doyd} = 12 \text{ kp/mm}^2$$

Kontrola šroubů stahujících víko a části přídržovače.

Šrouby musí zachytit sílu $P = 17500 \text{ kp}$.

Počet šroubů = 12.

Síla na jeden šroub:

$$P_s = \frac{P}{12} = \frac{17500}{12} = 1460 \text{ kp}$$

Jedná se o šrouby staticky namáhané, materiál 11341 normalizačně žíhaný, u něhož $\sigma_{kt} = 17 \text{ kp/mm}^2$.

Je nutné počítat s bezpečností $n = 2$.

Potom dovolené napětí:

$$\sigma_{dov} = \frac{\sigma_{kt}}{n} = \frac{17}{2} = 8,5 \text{ kp/mm}^2 = 850 \text{ kp/cm}^2$$

Potřebný průřez jádra šroubů:

$$f_j = \frac{P_s}{\sigma_{dov}} = \frac{1460}{850} = 1,72 \text{ cm}^2 = 172 \text{ mm}^2$$

Tomu odpovídá průměr jádra 14,8 mm, šroub M 18, který má malý průměr 14,933 mm a velký průměr 18,- mm.

V části se závitem se šroub natahuje více než na ostatních částech dřívku bez závitu. Pro zjednodušení je počítáno, že šroub dlouhý $l = 140 \text{ mm}$ se natahuje stejnoměrně. Pro velký průměr 18 mm je průřez $f = 255 \text{ mm}^2 = 2,55 \text{ cm}^2$, pak prodloužení šroubu:

$$\Delta l = \frac{l \cdot P_s}{f \cdot E} = \frac{14 \cdot 1460}{2,55 \cdot 2,1 \cdot 10^6} = 0,0382 \text{ mm}$$

Předpětí musí být větší než pracovní tlak.

Volba předpětí:

$$P'_s = 1,3 P_s = 1,3 \cdot 1460 = 1900 \text{ kp}$$

Zpětná kontrola.

Síla na jeden šroub:

$$P'_s = 1900 \text{ kp}$$

Potřebný průřez jádra šroubu:

$$f = \frac{P'_s}{\sigma_{dov}} = \frac{1900}{850} = 2,24 \text{ cm}^2 = 224 \text{ mm}^2$$

Tomu odpovídá šroub M 20.

Kontrola závitů šroubů na otláčení.

Měrný tlak:

$$p = \frac{P_g'}{\pi d_s^v i} = \frac{1900}{\pi 18,376 \cdot 1,353 \cdot 5} = 4,86 \text{ kp/mm}^2 < \sigma_{dov,d}$$

Dovolené napětí na otláčení: $\sigma_{dov,d} = 11,4 \text{ kp/mm}^2$

Nosná hloubka závitu:

$$s = \frac{D - D_1}{2} = \frac{20 - 17,294}{2} = 1,353 \text{ mm}$$

Nutný počet závitů k přenosu síly P_g' :

$$i = \frac{P_g'}{\sigma_D C (d^2 - d_1^2) \frac{\pi}{4}} = \frac{1900}{850 \cdot 0,8 (2^2 - 1,6933^2) \frac{\pi}{4}} = 3,12$$

Kontrola závitů šroubů na usmyknutí.

Smykové napětí:

$$\tau = \frac{P_g'}{\pi d s i} = \frac{1900}{\pi 16,933 \cdot 2,5 \cdot 5} = 2,86 \text{ kp/mm}^2 < \tau_{dov}$$

Dovolené napětí ve smyku: $\tau_{dov} = 6,6 \text{ kp/mm}^2$ Platí pro bezpečnost $n = 2$.Určení tloušťky stěny válce.

Tloušťka stěny válce:

$$s = \frac{d \cdot p}{2 \cdot \sigma_{dov}} = \frac{10,9 \cdot 100}{2 \cdot 1200} = 4,55 \text{ mm}$$

Materiál válce 11370 žíhaný.

Určení tloušťky pístu.

Píst představuje mezikruhovou desku vetknutou na vnitřním průměru [3].

Největší ohybové napětí je v místě vetknutí:

$$\sigma_{max,oh} = k \frac{p a^2}{h^2} \leq \sigma_{dov,oh} = 75 \text{ kp/mm}^2$$

Z výše uvedeného vztahu lze určit tloušťku pístu:

$$h = \sqrt{\frac{k p a^2}{\sigma_{dov,oh}}} = \sqrt{\frac{0,65 \cdot 100 \cdot 5,45^2}{7500}} = 5,06 \text{ mm}$$

Volba tloušťky pístu $h = 22 \text{ mm}$.

Konstanta $k = 0,65$ pro:

$$\varepsilon = \frac{a}{b} = \frac{5,45}{2} = 2,72$$

Maximální průhyb pístu:

$$y_{\max} = k_2 \frac{p a^4}{E \cdot h^3} = 0,15 \frac{100 \cdot 5,45^4}{21 \cdot 10^6 \cdot 22^3} = 0,0059 \text{ mm}$$

Konstanta $k_2 = 0,15$ pro:

$$\varepsilon = \frac{a}{b} = \frac{5,45}{2} = 2,72$$

Určení tloušťky mezistěny.

Jedná se o mezikruhovou desku vetknutou na vnějším průměru.

Největší ohybové napětí v místě vetknutí:

$$\sigma_{\max,ob} = k \frac{p \cdot a^2}{h^2} \leq \sigma_{\text{dov,ob}} = 18 \text{ kpl/mm}^2$$

Tloušťka mezistěny:

$$h = \sqrt{\frac{k p a^2}{\sigma_{\text{dov,ob}}}} = \sqrt{\frac{0,65 \cdot 100 \cdot 5,45^2}{1800}} = 10,7 \text{ mm}$$

Konstanta $k = 0,65$ pro:

$$\varepsilon = \frac{a}{b} = \frac{5,45}{2} = 2,72$$

Maximální průhyb mezistěny:

$$y_{\max} = k \frac{p \cdot a^4}{E \cdot h^3} = 0,15 \frac{100 \cdot 5,45^4}{21 \cdot 10^6 \cdot 22^3} = 0,0059 \text{ mm}$$

Určení tloušťky víka.

Jedná se o desku vetknutou na vnějším okraji./obr.17/

Platí základní diferenciální rovnice:

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{1}{x} \frac{d}{dx} (\psi x) \right] = - \frac{T(x)}{D}$$

Posouvající síla v místě x :

$$T(x) = \frac{\pi p x^2}{2 \pi x} = \frac{p x}{2}$$

Pak:

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{1}{x} \frac{d}{dx} (\psi x) \right] = - \frac{p x}{2 D}$$

Dvojnásobnou integrací plyne:

$$\varphi = -\frac{p x^3}{16D} + C_1 x + \frac{C_2}{x}$$

Okrajové podmínky pro tento případ:

$$\varphi(0) = 0$$

$$\varphi(r_2) = 0$$

Odtud plyne:

$$C_2 = 0$$

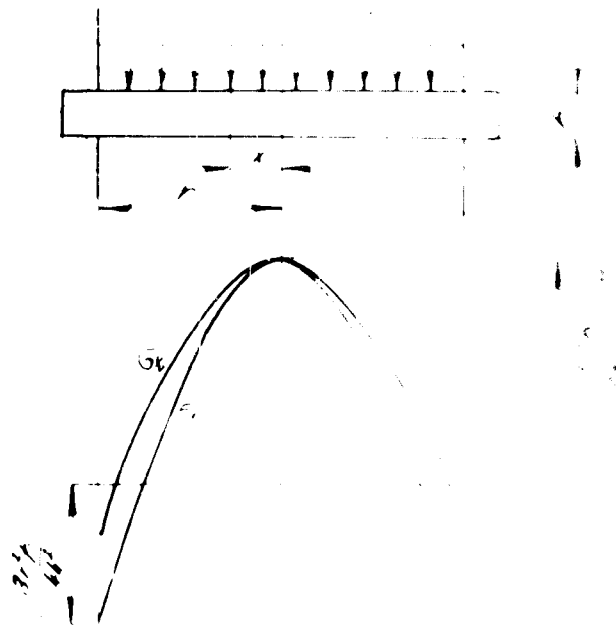
$$C_1 = \frac{p r^2}{16D}$$

Potom:

$$\varphi = \frac{p r^2}{16D} \left(x - \frac{x^3}{r^2} \right)$$

Derivace:

$$\varphi' = \frac{p r^2}{16D} \left[1 - 3 \left(\frac{x}{r} \right)^2 \right]$$



Obr. 17

Tečné napětí v obecném místě:

$$\sigma_t(x) = \frac{Eh}{2(1-\mu^2)} \left(\psi \mu + \frac{\psi}{x} \right) = \frac{3}{8h^2} p \left[(1+\mu)r^2 - (1+3\mu)x^2 \right]$$

Radiální napětí v obecném místě:

$$\sigma_r(x) = \frac{Eh}{2(1-\mu^2)} \left(\psi' + \mu \frac{\psi}{x} \right) = \frac{3}{8h^2} p \left[(1+\mu)r^2 - (3+\mu)x^2 \right]$$

Maximální napětí:

$$\sigma_{max} = |\sigma_r(r)| = \frac{3r^2 p}{4h^2} \leq \sigma_{dov}$$

Tloušťka víka:

$$h = \sqrt{\frac{3r^2 p}{4 \sigma_{dov}}} = \frac{3,8,2 \cdot 100}{4 \cdot 1200} = 20,5 \text{ mm}$$

Na utěsnění pracovních prostorů přidržovače se použije kroužků kruhového průřezu pro těsnění pohyblivých částí. Výběr byl proveden z ČSN 029281.

Šroubení Js 6 ČSN 13778o.1.

Tloušťka trubky přivádějící tlakovou kapalinu:

$$s = \frac{p \cdot d}{2 \cdot \sigma_t} = \frac{100,06}{2 \cdot 1200} = 0,25 \text{ mm}$$

Trubka 10 x 2 ČSN 42671o.21 - 11368.2.

Celková dispozice - příloha č.v. A2 - DP - ST 654/68.

Určení typu hydraulického akumulátoru.

Ke stanovení objemu a tím typu akumulátoru je znám obsah pracovních prostorů přidržovače, což je zároveň potřebná kapacita akumulátoru V_a a dovolený pokles tlaku Δp . [4]

Plnicí tlak plynu: $p_{pl} = 50 \text{ kp/cm}^2$

Kapacita akumulátoru: $V_a = 193 \text{ cm}^3$

Dovolený pokles tlaku: $\Delta p = 10\%$

Je-li požadavek, aby $p_{\max} = 100 \text{ kp/cm}^2$, pak při $\Delta p = 10 \%$ dovoleném poklesu tlaku, je $p_{\min} = 90 \text{ kp/cm}^2$.

Z p_{\max} , p_{\min} a p_{pl} plyne užitečný objem V_u v % celkového objemu akumulátoru:

$$V_u = 6 \% V_c$$

Celkový objem akumulátoru:

$$V_c = \frac{V_u}{6\%} = \frac{0,193}{0,06} = 3,22 \text{ l}$$

Tomu odpovídá typ akumulátoru - A 6,3 [6].

Základní hodnoty akumulátoru:

| | |
|---------------------------|----------------------------|
| nominální tlak | 160 kp/cm^2 |
| provozní tlak | 50 až 160 kp/cm^2 |
| plnicí tlak plynu /dusík/ | 50 kp/cm^2 |
| teplota okolí | - 30°C, + 60°C |
| maximální teplota oleje | + 80°C |

Hydraulický okruh přidržovače. /obr.18/

Hydraulický okruh přidržovače je zásobován tlakovým olejem z vakového akumulátoru A, který je spojen s pracovním prostorem přidržovače P. V okruhu je zabudován uzavírací ventil UV, řízený elektromagnetem EM, který zabráňuje po zapnutí mikrospínače s zpětnému zdvihu. Na schématu je dále naznačen jednosměrný ventil JV a regulační ventil RV, který je seřízen na potřebný pracovní tlak oleje. Převzato s úpravami z [7].

Funkční popis zařízení.

Během pracovního zdvihu je píst p přidržovače P tlačěn beranem B do dolní polohy. Tlakový olej z pod pístu odtéká přes jednosměrný ventil JV a regulační ventil RV vedením l₂ do akumulátoru A, kde roste tlak.

Uzavírací ventil UV je přesunut zcela vlevo, tedy v poloze, v níž jím neprotéká žádný tlakový olej. V okamžiku ukončení pracovního zdvihu je píst p přídržovače P v dolní poloze.

Beran B začíná postupovat zpětný zdvihem směrem vzhůru. V určité poloze dané hodnotou h' naráží kostka m připevněná k beranu B na kontakt mikrospínače g a odtud se pomocí elektromagnetu EM přesune uzavírací ventil UV zcela do prava, tedy do polohy, v níž propouští tlakový olej z akumulátoru A v šipkou naznačeném směru. Olej teče dále vedením l₁ do pracovního prostoru přídržovače P, čímž se píst p zvedne do horní polohy, beran B se mezitím dostal do horní úvratě dané hodnotou h.

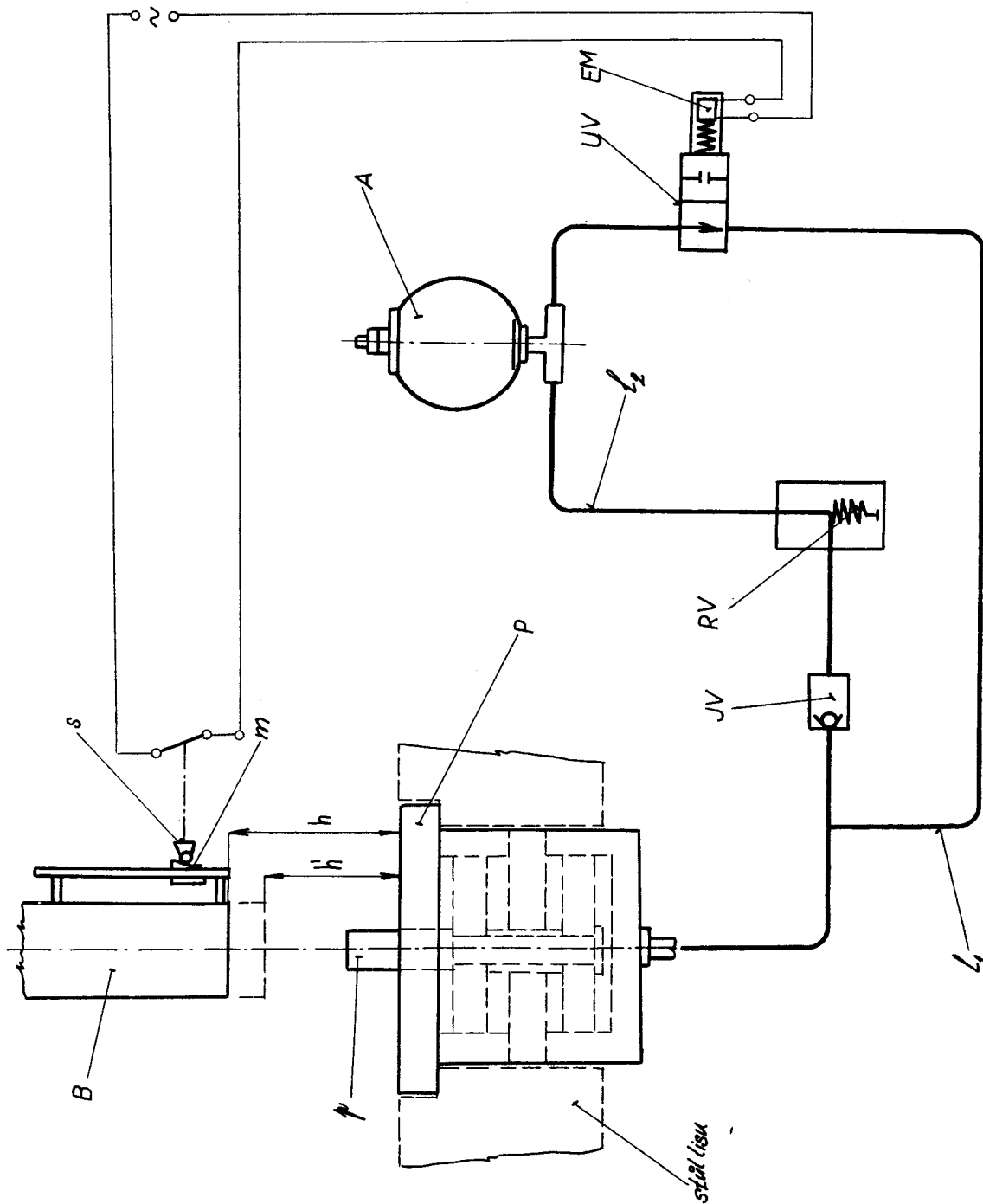
V prvních fázích pracovního zdvihu se mikrospínač g dostane ze styku s kostkou m a uzavírací ventil UV se přestaví do polohy vlevo a tak uzavře průtok tlakového oleje. Celý děj se cyklicky opakuje.

Naznačené zařízení pracuje v uzavřeném oběhu, tedy bez dodávky pracovní kapaliny vnějším zdrojem. Pouze ztráty oleje netěsnostmi, se čas od času kryjí vnější dodávkou.

Celý okruh by bylo možné podstatně zjednodušit v tom smyslu, že by se vypustil jednosměrný ventil JV, regulační ventil RV, uzavírací ventil UV a tím pádem i celé vedení l₁ a celá elektroinstalace. Funkčně by to pak vypadalo tak, že tlakový olej by se vlastně přeléval z pracovních prostorů přídržovače do akumulátoru a zpět. Akumulátor by zde byl řídicím prvkem tlaku oleje.

Tato úprava má dva nedostatky:

- 1/ akumulátor nezajistí s požadovanou přesností výši tlaku oleje /bezpochyby by docházelo k tlakovým výkyvům/ jako regulační ventil,
- 2/ píst přídržovače by se ihned po odlehčení pohyboval vzhůru a tím by docházelo k lisování odpadu.



- P - přidržovač
 p - píst přidržovače
 B - beran
 s - mikrospínač
 m - kostka
 A - akumulátor
 JV - jednosměrný ventil
 RV - regulační ventil
 UV - uzavírací ventil
 EM - elektromagnet
 l₁, l₂ - vedení tlakové-
 ho oleje

Obr. 18. Schema bezpumpového hydraulického řízení tlaku přidržovače.

Závěr.

Tato diplomová práce se zabývala metodou průtlačného dostřihování výlučně po technické stránce. Přesto však nelze zatím problém považovat za plně vyřešený. Je třeba uskutečnit další experimenty s použitím spodního přidržovače, vyzkoušet působnost jiných přísad na dostřihování i jiných přesahů, jejichž konkrétní hodnoty mohou být vybírány s přihlédnutím k výsledkům obsaženým v této práci.

Závěrem bych chtěl touto cestou poděkovat panu ing. J.Křištofovi za cenné rady a připomínky a pracovníku katedry materiálu a tváření panu Janů za technickou a materiální pomoc.

V Liberci dne 17.června 1968.

Jule Michael

Seznam použité literatury.

- [1] Tichý V.: Vliv tlaku příruby při konstantním přídavku na utváření střížné plochy při průtláčeném dostřihování.
Diplomová práce VŠST - 1967.
- [2] Kolektiv: Pružnost a pevnost.
Praha 1964 /stran 180, obrázků 192/.
- [3] Höschl C.: Tabulky pro konstruktéry.
Praha 1961 /tabulek 123/.
- [4] Prokeš J.: Hydraulické mechanismy.
Praha 1963 /stran 232/.
- [5] Škarda S.: Hydraulické akumulátory.
Praha 1964 /stran 100, obrázků 55/.
- [6] Katalogový list n.p. Technometra.
- [7] Werkstattstechnik 3 - Oehler G.: Behelfmässige Feinstanzwerkzeuge.
München 1963 /str. 135 až 139/.

| | | | | | | | | | |
|----|--|--|---------|-------|--|--|--|--|----|
| 1 | PÍST $\varnothing 106 \times 22$ | | 13250.4 | 13250 | | | | | 24 |
| 1 | PÍST $\varnothing 106 \times 22$ | | 13250.4 | 13250 | | | | | 23 |
| 1 | PÍSTNICE $\varnothing 40 \times 126$ | | 13250.4 | 13250 | | | | | 22 |
| 1 | DISTANČNÍ TRUBKA ČSN $40 \times 7 \times 33$ 425715 | | 13251.4 | 13251 | | | | | 21 |
| 1 | STĚNA $\varnothing 135 \times 22$ | | 12060.2 | 12060 | | | | | 20 |
| 1 | STAHOVACÍ DESKA $\varnothing 193 \times 27$ | | 11370.2 | 11370 | | | | | 19 |
| 1 | TRUBKA $\varnothing 135 \times 14 \times 35$ ČSN 425715 | | 11370.2 | 11370 | | | | | 18 |
| 1 | TRUBKA $\varnothing 135 \times 14 \times 44$ ČSN 425715 | | 11370.2 | 11370 | | | | | 17 |
| 1 | ZÁVĚSNÁ DESKA $\varnothing 219 \times 38$ | | 11370.2 | 11370 | | | | | 16 |
| | | | | | | | | | 15 |
| | TRUBKA 10×2 ČSN 426710.21 | | 11368.2 | | | | | | 14 |
| | | | | | | | | | 13 |
| 1 | ŠROUBENÍ J _s 6 ČSN 137780.1 | | | | | | | | 12 |
| | | | | | | | | | 11 |
| 2 | KROUŽEK $\varnothing 125 \times 35$ ČSN 029281.2 | | | | | | | | 10 |
| 2 | KROUŽEK $\varnothing 45 \times 3$ ČSN 029281.2 | | | | | | | | 9 |
| 4 | KROUŽEK $\varnothing 110 \times 3$ ČSN 029281.2 | | | | | | | | 8 |
| | | | | | | | | | 7 |
| 1 | PODLOŽKA MB5 ČSN 023640 | | | | | | | | 6 |
| 12 | PODLOŽKA 20,5 ČSN 021740.00 | | | | | | | | 5 |
| | | | | | | | | | 4 |
| 24 | MATICE M20 $\times 1,5$ ČSN 021403 | | | | | | | | 3 |
| 1 | MATICE KM5 ČSN 023630 | | | | | | | | 2 |
| 12 | ŠROUB M20 $\times 187$ ČSN 021176 | | | | | | | | 1 |

| | | | | | | | |
|------------------|----------------|------------|--------------|----------------|-------------|-------------|------|
| Číslo kres. | Název - Rozměr | Podstava | Míst. komer. | Podst. komer. | Číslo kres. | Číslo kres. | Kos. |
| 1:1 | | | | | | | |
| VŠETI LIBEREC | | PRIDRŽOVAC | | A2-DP-ST654/68 | | | |

| | | | | |
|---|--|---------|-------|----|
| 2 | PŘÍRUBA $\varnothing 60 \times 14$ | 19312.4 | 19312 | 18 |
| 2 | PRŮSTŘIŽNÍK $\varnothing 32 \times 80$ | 19312.4 | 19312 | 17 |
| 2 | PRŮSTŘIŽNICE $\varnothing 50 \times 25$ | 19312.4 | 19312 | 16 |
| | | | | 15 |
| | | | | 14 |
| 2 | ČOČKA $\varnothing 29 \times 13$ | 14220 | | 13 |
| 2 | PÁNEV $\varnothing 33 \times 6$ | 14220 | | 12 |
| 1 | VÁLEČEK $\varnothing 25 \times 30$ | 11700 | | 11 |
| 1 | STOPKA $\varnothing 40 \times 108$ | 11600 | | 10 |
| 1 | KROUŽEK $\varnothing 120 \times 30$ | 11500 | | 9 |
| 1 | NÁKRUŽEK $\varnothing 120 \times 20$ | 11500 | | 8 |
| 1 | KROUŽEK $\varnothing 100 \times 25$ | 11370 | | 7 |
| | | | | 6 |
| 1 | VODICÍ STOJÁNEK \checkmark 160 ČSN226220B | | | 5 |
| | | | | 4 |
| | | | | 3 |
| 3 | ŠROUB M8x50 \checkmark ČSN021143 | | | 2 |
| 3 | ŠROUB M10x50 \checkmark ČSN021143 | | | 1 |

šulc

1:1

ZKUŠEBNÍ
NÁSTROJ

A1-DP-ST654/68