

Vysoká škola: **strojní a textilní**

Katedra: **materiálu a tváření**

Fakulta: **strojní**

Školní rok: **1964/1965**

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro **Josefa P ř i b y l a**

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 tématu: Stanovte vhodný postup tváření desek z plastických

hmot s výhledem jejich použitelnosti jako modelového
materiálu pro tváření plechů.

Pokyny pro vypracování:

- 1) Zhodnoťte plastické hmoty, přicházející teoreticky v úvahu.
- 2) Zabývejte se možnostmi výroby modelů a volte způsob pro praxi nejvhodnější.
- 3) Proveďte praktické zkoušky tváření desek za různých podmínek.
- 4) Podle možností porovnejte získané výsledky s tvářením plechů.

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

V 27/65 - S

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
Lá B E R E G J A R O Š O V A 5

Rozsah grafických laboratorních prací: **2 - 4 výkresy přípravku**

Rozsah průvodní zprávy: **30 - 40 stran**

Seznam odborné literatury:

Havlíček : Přehled plastických hmot

Gilello : Styren a jeho polyméry, str. 140

Kubík - Grundel: PVC, str. 285

Vedoucí diplomní práce: **Ing. Josef Krebs**

Konsultanti: **Ing. Krištof, Ing. Mikeš**

Datum zahájení diplomní práce: **30.8.1965**

Datum odevzdání diplomní práce: **9.10.1965**



Doc. Ing. Miroslav Kořínek

Vedoucí katedry

Doc. Ing. Miroslav Kořínek

Děkan

1. Úvod.

Tváření za studena patří k nejproduktivnějším oborům technologie zpracování kovů. Nachází uplatnění ve všech oborech průmyslu jako ostatní běžné způsoby přeměny suroviny na polotovary. Na př. v automobilovém průmyslu 60 - 70% všech dílců se vyrábí lisovací technikou.

Na volbu druhu zpracování suroviny či polotovaru má vliv více okolností. V první řadě je nutno respektovat požadavky na funkci a přesnost výrobků, pevnost a odolnost zhotoveného předmětu vůči namáhání a různým jiným vlivům. Dále se však musí přihlížet k tomu, jak se určité technologické způsoby zpracování projeví v ceně výrobku.

Všechny tyto okolnosti musí mítí především na zřeteli konstruktér i technolog, neboť i sebe-dokonalejší výrobek nebo zařízení ztrácí na významu, není-li svou cenou dostupné.

Praxe využívající výhod lisovací techniky prokázala již dostatečně její nezbytnost v moderní průmyslové výrobě. Seriovou a hromadnou výrobu automobilů, letadel a mnoha jiných předmětů, nelze si již dnes představit bez použití lisovaných součástek. Jejich seriová výroba je levnější oproti jiným způsobům výroby.

Lisovací technika má největší perspektivu do budoucnosti a je proto nutné, aby všichni konstruktéři a technologové tuto techniku ovládali. Kam až sahá možnost návrhu složitého výlisku praktické zkušenosti nedokážou posoudit. Je proto nutné tuto hranici výlisk od výlisku ověřovat. Ověřování se může provádět jednak ověřováním lisovatelnosti materiálu-plechu a nebo ověřením

lisovatelnosti samotného výlisku.

2. Způsoby ověřování výrobní technologie.

V některých případech obtížných nepravidelných výlisků nelze spoléhat na zkušenost technologa a konstruktéra. Je nutno si lisovatelnost ověřit některou z dostupných metod. Volba metody závisí na počtu výlisků, na kapacitě a výrobních možnostech nářadovny.

2.1. Úpravy kovového nástroje.

Tento způsob ověřování lisovatelnosti lze těžko nazvat metodou. Zpravidla jde o první tahový nástroj, který se v předstihu nakreslí a vyrobí. Nakreslení takového nástroje je výsledkem konstruktérových zkušeností. Po vyrobení je nástroj slícován a začíná se lisovat. Při praskání a vlnění výlisků je první snahou užít lepšího plechu bez ohledu na výkresový předpis. Když jsou materiálové možnosti plechu vyčerpány, musí se přistoupit k úpravám nástroje. Jakákoliv úprava kovového nástroje je velmi pracná a proto drahá. Nemá-li nářadovna zkušební lis, musí se úpravy nástroje provádět v provozu lisovny a tím se snižuje kapacita lisovny. Kvalita a trvanlivost nástroje klesá. Této metody je možno použít jen v případech, kdy se jedná o menší množství výlisků.

2.2. Ověřovací nástroj z plastických hmot.

Použití nástroje z plastických hmot na ověření lisovatelnosti má celou řadu výhod

- a/ snadná a rychlá výroba nástroje
- b/ prováděné úpravy jsou méně pracné než v nástroji kovovém
- c/ konečného nástroje je možno užít pro náběh

výroby do doby, než bude vyroben definitivní kovový nástroj.

Výroba lisovacích nástrojů z plastických hmot neklade velké požadavky na zkušenost a znalosti nástrojařských dělníků, zato však tím větší nároky na práci konstrukční. Plastické hmoty mají vždy menší mechanickou pevnost, a proto nástroje z nich vyrobené pracují s menší bezpečností a jsou poměrně více namáhány než nástroje kovové. Na hodnotách mechanického namáhání velmi závisí také opotřebení, a tím i životnost nástroje.

Proti použití nástroje z plastických hmot je možno namítnout, že poměry při lisování jsou poněkud odlišné proti kovovému nástroji. Toto je způsobeno vlivem jiných třecích vlastností plastické hmoty a jiného chování plastické hmoty při působení tlaku. Tuto výtku je možno přijmout s ohledem na to, že jde především o ověření lisovatelnosti a ta je nástrojem z plastické hmoty ověřena naprosto bezpečně.

2.3. Ověřovací nástroj ve zmenšeném měřítku.

Z předcházející metody plyne mnoho výhod. Nástroj z plastické hmoty není použitelný všeobecně. Jeho použitelnost je omezena měrným tlakem, jehož maximální hranice činí asi 10 kp/mm^2 .

[3] To znamená, že výlisky z plechu tl. asi 1,2 mm a výše již nejdou ověřovat na nástrojích z plastických hmot. Pak je nutno použít metody jiné. Vhodnou metodou pro tyto výlisky je ověřování ve zmenšeném měřítku na modelových nástrojích. Je to nový způsob ověřování lisovatelnosti, který se objevil v posledních letech. Při provádění provozních zkoušek na experimentálních modelech lisovacích nástrojů v měřítku, odborníci již mnoho roků pochybují, zda výsledky obdržené

v malém měřítku jsou porovnatelné v každém případě s problémy vyskytujícími se v praxi. Jedná se především o rozložení napětí, redukci tloušťky, zda model ukáže škodlivé tvoření vln atd.

Ve všech předchozích případech, o kterých jsem se zmínil, šlo vždy o tváření plechu buď ve zmenšeném měřítku, nebo ve skutečné velikosti. Zůstává tedy zachován tvářecí materiál. S výrobou plastických hmot a s poznáváním jejich vlastností se zde naskytá možnost, využít těchto materiálů jako modelového materiálu pro tváření plechu.

Využití těchto materiálů by mělo velké výhody oproti předchozím metodám. Modelový nástroj může být na př. vyroben litím z plastických hmot, což je velmi rychlé a levné. Další výhodou je ta, že vlastní složité tvary nástroje vyrobíme bez slícování. Protože pro tváření desek z plastických hmot je potřeba malá tvářecí síla vůči plechu, může být modelový nástroj vyroben i z jiného materiálu. Opravy na těchto nástrojích jsou méně pracné než na kovových nástrojích, proto levné. Ovšem plastické hmoty mají řadu nevýhod. Při praktických zkouškách jsem narazil na řadu problémů, které by bylo nutno vyzkoušet a vyřešit.

3. Plastické hmoty všeobecně.

Plastické hmoty jsou zcela nové materiály, které ještě před 50 lety neexistovaly, jichž se však dnes používá prakticky ve všech oborech lidské činnosti a zejména ovšem v průmyslu. Jejich neobyčejně rychlé a všestranné rozšíření má zřejmě tyto příčiny.

Plastické hmoty mohou mít vlastnosti buď velmi podobné klasickým materiálům, jako jsou na př. kovy, keramika, sklo, dřevo a podobně, ne-

bo naopak velmi odlišné. Proto umožňují úplně nové aplikace a nová řešení konstrukcí.

Mnoho druhů plastických hmot se vyrábí synteticky z levných a snadno dostupných surovin. Mohou tedy být rovnocennou nebo výhodnější náhradou za klasické materiály, kterých je nedostatek.

Plastické hmoty se dají velmi dobře zpracovávat tvářením a umožňují proto rychlou a levnou výrobu předmětů. S plastickými hmotami se podobně jako s klasickými materiály setkáváme na každém kroku. Základní vlastnosti klasických materiálů jsou nám známe, avšak vlastnosti plastických hmot jsou neznámé nebo nevyjasněné.

Rozvoj celého národního hospodářství závisí i na rozvoji plastických hmot. Ten však není určován jen výstavbou nových výrobních závodů, nýbrž především ekonomicky účelným rozšiřováním aplikací. A zde záleží na tom, aby všichni pracovníci našeho průmyslu věděli o vlastnostech plastických hmot. Je nutné si ovšem uvědomit, že plastické hmoty nejsou universálním prostředkem křešení problémů, které přináší nynější bouřlivý technický rozvoj. Jsou to konstrukční materiály určitých vlastností, které vyhovují kladeným požadavkům lépe než ostatní materiály jen tehdy, jsou-li správně užity.

4. Rozdělení plastických hmot.

Moderní a snad také nejsprávnější rozdělení plastických hmot je uvedeno v návrhu německé normy DIN 7708, kde je popsáno v jakých formách se plastické hmoty vyskytují za normálních podmínek, t.j. teploty asi 20°C. V podstatě se v tomto návrhu rozlišuje 5 základních skupin plastických hmot.[1] V technologii plastických hmot se

setkáváme také s jinou velmi vžitou klasifikací plastických hmot. Podle ní se dělí plastické hmoty do dvou skupin

I thermoplasty / nevytvrditelné plastické hmoty /
II termosety / tvrditelné plastické hmoty /

Termosety jsou materiály, u kterých po vylisování za tepla dochází k vytvrzení a k ztvrdnutí. Novým ohřevem již tyto materiály nelze převést do plastického stavu.

Thermoplastické materiály jsou za normální teploty pevným materiálem. Zahřejeme-li je měknou a stávají se tvárnými. Ochladíme-li tyto hmoty na normální teplotu, podrží nově vytvořený tvar. Na rozdíl od termosetických směsí mohou být thermoplastické hmoty opakovaně měkčeny teplem a tvrzeny chladem, poněvadž ani za tepla, ani za studena u nich nenastává nějaká chemická reakce.

Na základě těchto znalostí je tudíž nutné volit pro zkoušky desky z thermoplastů, které se dají za tepla tvářet a podrží si nový tvar.

4.1. Použité materiály z plastických hmot pro tváření.

Pro zkoušky byly voleny materiály, které bylo možno získat ve větším množství v Plasti-matu Liberec a ve Výzkumném ústavu v Jablonci n/Nisou. Dále bylo nutno získat desky pro tváření tloušťky 1,3 mm, což se podařilo pouze u rozvětveného polyetylenu. Desky z polyvinylchloridu se podle ČSN do 1 mm vyrábí po 0,1 mm, do 10 mm po 1 mm. U ostatních materiálů byl tentýž problém.

Z těchto důvodů byly voleny tyto materi-
ály
lineární polyetylén
rozvětvený polyetylén

VŠST LIBEREC DP - 404	Tváření desek z plastických hmot	DP — STR. 7
		9. ŘÍJNA 1965
		Josef Příbyl
<p>polyvinylchlorid celuloid polystyrén</p> <p>Polyetylen</p> <p>Polyetylen má tuto strukturu</p> <p>... CH₂ ... CH₂ ... CH₂ ...</p> <p>Připravuje se polymerací etylenu v přítomnosti katalyzátorů. Průmyslově se vyrábí buď vysokotlakou polymerací za tlaku 500 - 3000 at, při teplotě až 400°C v přítomnosti kyslíku, nebo nízkotlakou nebo beztlakovou polymerací.</p> <p>Polyetylen je pevná a houževnatá thermo- plastická hmota parafinového vzhledu a omaku. Bod tání je 104 - 140°C. Vlastnosti polyethylenu jsou dány jeho strukturou a mění se zejména s molekulovou vahou. Produkt připravený vysokotlakým způsobem se vyznačuje jistým rozvětvením řetězců a poměrně malou molekulovou vahou. Nízkotlakou polymerací získaný polyetylen neobsahuje prakticky žádné postranní metylové skupiny. Polyetylenové lineární řetězce se vyznačují symetričností a hladkostí a v důsledku toho schopností snadné krystalizace. Za normální teploty se polyetylen skládá ze 75% z krystalické fáze. Se stoupající teplotou vzrůstá amorfní podíl, a tím se mění vlastnosti polymeru.</p> <p>Vysoký stupeň krystalinity polymeru je příčinou jeho mechanické pevnosti, velkého modulu pružnosti v tahu a pomalé relaxaci. Obsah amorfní fáze umožňuje pohyblivost řetězců a dodává materiálu ohebnost a pružnost i za nižších teplot.</p> <p>Tepelné vlastnosti polyethylenu mohou být charakterisovány nízkým bodem zvratu II řádu</p>		

a poměrně ostrým bodem měknutí 112 - 140°C. Bod měknutí stoupá s molekulovou vahou. Nízkotlaký polyetylen má bod měknutí až 150°C. Tepelná stálost polyetylenu je 50 - 60°C.

Polyvinylchlorid.

PVC je synteticky vyráběná organická sloučenina pryskyřičného charakteru. Připravuje se polymerací vinylchloridu za přítomnosti iniciátorů. Při 65 - 85°C měkne, při 150°C je schopen slisování.

Vlastnosti polyvinylchloridu se mění ve velmi širokém rozmezí podle způsobu přípravy a podle molekulové váhy. Vlastnosti je možno upravovat přísadou změkčovadel a stabilisátorů.

Strukturálně tvoří PVC lineární řetězce, vyznačující se poměrně velkými mezimolekulovými přitažlivými silami. Poměrně objemné chlorové atomy způsobují nesymetričnost molekul, která je příčinou amorfního stavu neprotáženého polymeru. Protážením získává polyvinylchlorid zřetelně krystalickou strukturu.

Mechanická pevnost se značně mění s teplotou. Za normální teploty je PVC tvrdá, pružná hmota. Při teplotě 65 - 85°C nabývá vlastnosti kaučuku / měkký, málo pružný a velmi protažitelný /.

Celuloid.

Je to vůbec jedna z prvních plastických hmot. Základní surovina je nitroceluloza. Výroba je velice jednoduchá.

Celuloid je tvrdá a pružná hmota. Jeho mechanické vlastnosti jsou ovlivňovány značně i obsahem kafru. Nad 60°C měkne a při 100°C je již dobře zpracovatelný. Velkou jeho nevýhodou

je jeho hořlavost.

Polystyren.

Polystyren se připravuje polymerací styrenu působením iniciátorů. Polystyren je tvrdá, pevná hmota chemicky inertní.

Makromolekuly polystyrenu se vyznačují větší rozvětveností řetězců a tedy malou pohyblivostí. Polystyren připravený normálními způsoby polymerace je amorfní, poněvadž vlivem objemných nepravidelně uspořádaných substituentů nelze dosáhnout krystalického uspořádání molekul ani protažením, které způsobí jen částečnou orientaci.

Mechanické vlastnosti polystyrenu závisí ve značné míře na stupni polymerace. Nízkomolekulární polymery jsou křehké a málo pevné, výšemolekulární mají větší pevnost a jsou houževnatější. Modul pružnosti v tahu a mechanické vlastnosti jsou lepší za nízkých teplot. Se stoupající teplotou se zhoršují.

Amorfní látky nemají pravidelně uspořádané molekuly a zřejmě v nich tedy neexistují místa s menší a větší pevností, jak tomu je u látek krystalických. Jejich celkem větší houževnatost je způsobena vzájemnou pohyblivostí molekul, tedy schopností jisté jejich orientace a současného odporu proti namáhání.

4.2. Tvarovací teplota.

Plastické hmoty je nutno při modelování, jak již bylo uvedeno, ohřívat na různé teploty. Ohřev je nutno provést tak, aby materiál byl celý prohřát, t.j. měl rovnoměrnou teplotu.

Jako při každém ohřevu setkáváme se i zde

s otázkou chemické stability za zvýšených teplot. U tvarování se zvláště nepříznivě neprojevuje, neboť se zásadně pracuje při teplotách mnohem nižších než je teplota rozkladu. Přesto se však při ohřevu musí dbát, aby nedošlo k místnímu zvýšení teploty, nebo aby materiál nebyl zvýšené teplotě vystaven delší dobu. Nejvýhodnější ohřev z tohoto hlediska je v cirkulačních sušárnách, nebo přímo v ohřívacích lázních.

4.3. Tvarovací rychlost.

Vedle teploty je důležitá i tvarovací rychlost. Vyšší rychlost tvarování dává větší tvarovací možnosti. Pro stanovení mezí rychlosti platí, že teplota ohřívaného polotovaru nesmí ve formě před dokončením tvarovací operace klesnout pod teplotu zatvrdnutí. Aby se teplota předehtého polotovaru mohla udržet na správné výši hned po jeho vložení do formy, musí se vhodně volit materiál, z kterého je zhotovena.

Zda má vliv tvarovací rychlost na rozložení deformace není možno říci, neboť při průzkumu literatury jsem nenašel žádného autora, který by se tímto problémem zabýval.

4.4. Tvarovací tlak.

Obecně o tvarovacím tlaku můžeme říci, že není nijak vysoký. Závisí na rychlosti tvarování a na složitosti výlisku. [1] Je jisté, že i vliv materiálu formy se zde může uplatnit. V praxi byly zjištěny měrné tlaky od hodnot vcelku nepatrných až po 100 kp/cm^2 .

4.5. Ohřev plastických hmot.

Ohřev plastických hmot lze provádět několika způsoby.

4.5.1. Ohřívací lázně.

Teplo se zahříváním částem dodá poklesem entalpie kapaliny. Při ohřívání se snažíme vždy použít kapalin, pomocí kterých se dá ohřev provádět za normálního tlaku. Nejvíce jsou rozšířeny různé oleje, které dobře vyhovují. Jelikož mají nízkého součinitele přestupu tepla α , je nutné ponechat polotovary v lázni déle. Mícháním se dá α zvýšit.

4.5.2. Ohřev elektrickým proudem.

Při tomto způsobu dochází k ohřevu sáláním. S energetického hlediska není tento způsob výhodný, neboť se při něm využije jen 20% energie při odporovém topení a 10% při dielektrickém.

5. Možnosti výroby modelů pro tváření.

Pro výrobu modelů je možno použít materiálů, které se používají na formy pro tváření plastických hmot. Jsou to plastické hmoty, dřevo, sádra, vrstvené hmoty, sklo a pod.

5.1. Ověřovací model z plastických hmot.

Pro výrobu nástroje z plastických hmot se použije kopírovací makety, na které se ustaví lisovací rovina. Do plechového rámu přiloženého na maketu se odlije vrstva kvalitní pryskyřice, na př. Epoxy 1200 s tužidlem. Zbytek prostoru je možno vyplnit méně hodnotným materiálem. Rám je uzavřen základovou deskou. Tvar protikusu se seje již z odlitého dílu na př. olověnou folii, která plní funkci výlisku. Při odlévání je užito dělicího materiálu, aby nenastalo přilnutí buď ke kopírovací maketě, nebo olověné folii. Takto jsou vyrobeny oba díly nástroje.

Z předcházejícího vyplývá, že výroba je

jednoduchá a rychlá. Nejpodstatnější výhodou je ta, že vlastní složité tvary nástroje jsou vyrobeny bez jakéhokoliv slícování. Slícování je jedna z nejpracnějších a řemeslně nejnáročnějších prací na výrobě nástroje. To zde odpadá.

Z plastických hmot, používaných na výrobu nástrojů, patří do skupiny hmot tvrditelných pryskyřice epoxydové, polyesterové a fenolické. Pryskyřice se dodávají ve formě tekutin různé viskozity a zároveň s nimi se dodávají tužidla nebo i urychlovače. Pryskyřice se smísí s tužidlem, po případě s urychlovačem těsně před použitím. Použití pryskyřice však vyžaduje určitých zkušeností a znalostí. Některé zahraniční firmy dodávají proto pryskyřice již upravené ve vhodném balení a s návodem, jak jich použít.

5.1.1. Epoxydové pryskyřice.

Výhody epoxydových pryskyřic.

Epoxydové pryskyřice jsou především málo smrštivé a velmi dobře lnou k různým kovovým i nekovovým materiálům. Mají dobré mechanické vlastnosti, jsou chemicky odolné, vytvrzují se za studena i za tepla, reagují bez vedlejších zplodin. Malá smrštitivost epoxydových pryskyřic je výhodná pro přesné vzájemné slícování dvou funkčních ploch. Chceme-li, aby nám model ukázal všechny závady, musí být vyroben zrovna tak přesně, jako kovový nástroj. Smrštitivost epoxydových pryskyřic se dá do jisté míry upravovat plnidlem a vhodným postupem při lití a vytvrzování. [2]

Nevýhody.

Dostí závažnou nevýhodou je malá tepelná odolnost epoxydových pryskyřic vytvrzovaných za studena. Malá tepelná vodivost může způsobit, že povrch pryskyřice se zahřeje, a tím se sníží

pevnost nástroje. Toto platí pro tváření plechu. Pro tváření plastických hmot však snížení pevnosti nehraje roli, neboť lisovací tlaky jsou malé. Další nevýhodou je vysoká cena. Tato nevýhoda není závažná, protože jsou tu jiné výhodné vlastnosti, na kterých se ušetří.

Dobrych výsledků se dosáhne jedině tehdy, splní-li se všechny podmínky pro zpracování epoxydových pryskyřic. Dokonalá homogenisace je velice důležitá pro správné vytvrzení pryskyřice. Doporučuje se odvažovat jednotlivé složky co nej-
přesněji a dodržovat poměry doporučované dodavatelem. Homogenisace se provádí nejčastěji ručně. Doba míchání závisí na jeho intenzitě a trvá při teplotě 20°C asi 10 min. [2] Při míchání a přípravování plnidla vniká do pryskyřice vzduch, který zhoršuje jakost odlitku. Vzduchovým bublinám zabráníme mícháním ve vakuu či vibrací. Plnidlo do pryskyřice bychom v našem případě nepřidávali za účelem zvýšení odolnosti proti opotřebení, zvýšení pevnosti, ale proto, abychom zvýšili objemovou stálost nástroje. Plnidla mají také vliv na součinitele tření. Součinitel tření má vliv na velikost tažné síly. Kombinací epoxydových pryskyřic s různými plnidly se mění jeho velikost. Proto je třeba tyto plnidla vyzkoušet pro tváření plastických hmot na modelovém nástroji. Jako plnidel je možno použít železný prach, křemenný písek, vápenec, grafit a pod.

5.1.2. Fenolické pryskyřice.

Fenolické pryskyřice jsou teplem tvrditelné hmoty a můžeme je zařadit mezi nejstarší materiály. Jsou to většinou lící pryskyřice o viskozitě 1000 až 10 000 cP, používané ve směsi s nezesilujícími plnidly. Směsi vytvrzených fe-

nolických pryskyřic s nezesilujícími plnidly mají dobré mechanické vlastnosti a ze všech pryskyřic největší odolnost za tepla. Jsou však velmi křehké. Jejich nevýhodou je velké smrštění, které se dá zmenšit jen vysokým procentem nezesilujícího plnidla. Protože v našem případě nevyžadujeme vysokých mechanických vlastností a odolnost proti opotřebení, je tato pryskyřice vhodná.

5.1.3. Polyesterové pryskyřice.

Tento materiál se dá těžko použít. Přestože mají dobré mechanické vlastnosti jejich velkou nevýhodou je velké smrštění, které se nedá odstranit a je tudíž nepřijatelné.

5.1.4. Plastické hmoty teplem tvárné.

Plastické hmoty této skupiny je možné využít pro výrobu modelových lisovacích nástrojů. Pro lisovací nástroje na plech se osvědčilo jen několik druhů, na př. polyetylen, měkčený PVC a pod. Dodávají se většinou v granulích, které se taví při teplotě 100 - 200°C a lijí do vyhřátých forem. Značné hospodárnosti lze dosáhnout tím, že se materiálu z předchozího nástroje dá použít pro další.

5.2. Ověřovací model z vrstvených hmot.

Vrstvenné hmoty se liší od ostatních plastických hmot tím, že obsahují jako plnivo materiály ve formě listů. Jako plniva se používá různých druhů materiálu. Pro výrobu modelového nástroje možno užít těchto materiálů: dřevěných dých, tkanin, různých druhů papíru a pod. Pojivem bývají nejčastěji silikonové nebo epoxydové pryskyřice. Z mnoha druhů plniv a pojiv se může je-

jich vzájemnou kombinací zhotovit řada vrstvených hmot s rozmanitými vlastnostmi.

Vrstvené hmoty jsou anisotropní materiály, poněvadž jejich struktura se skládá z více nebo méně se střídajících vrstev plniva a pojiva. Listové plnivo má jiné vlastnosti ve směru podélném a příčném. Proto jsou vlastnosti vrstvených hmot v různém směru značně rozdílné. Mechanické vlastnosti těchto hmot jsou velmi dobré a v některém směru i lepší, než vlastnosti kovů.

5.3. Ověřovací model ze dřeva.

Podobně jako plastické hmoty a vrstvené materiály, má dřevo špatný součinitel tepelné vodivosti a snadno se obrábí. Ze dřeva mohou být vyrobeny jednotlivé části nástroje, nebo z něj mohou být vyrobeny všechny části nástroje. K výrobě se používá špalíků, které se spojují fenol-formaldehydovým lepidlem. Pro výrobu se hodí pouze dřeva tvrdých odrůd. Prováděné úpravy na takovémto modelu jsou méně pracné, než v nástroji kovovém. Lisovacím tlakům i teplotám, které by se při modelování používaly tento nástroj vyhovuje.

Mezi další materiály, které přicházejí v úvahu patří sklo, pryž a pod. Chtěl bych zde podotknout, že veškeré tyto materiály se používají pro tváření plastických hmot, takže jejich použití pro modelové nástroje má své odůvodnění.

6. Návrh zkušebního zařízení na určený výlisek.

6.1. Určení výlisku.

Z časových důvodů nebylo možno zvolit si výlisek, provést lisování plechu na kovovém ná-

*jako před
3*

stroji a na druhé straně zhotovit modelový nástroj z jiného materiálu a provést tytéž zkoušky za různých pracovních podmínek na tomto nástroji. Proto jsem použil výsledků / rozměrů kruhových deformovaných elementů u daného výlisku / diplomové práce s. Ivana Bureše, který se zabýval tvářením plechu na kovovém nástroji.

6.2. Deformační síť.

Plastická deformace na výlisku může být studována na základě deformační sítě. Tuto síť je možno na plech i na plastické hmoty nanášet buď tiskařskými metodami / sítotisk, ofset /, nebo přímým orýsováním elementů. Sítotisk se provádí pomocí jemného síta, které se napustí emulzí citlivou na světlo. Deformační síť se nakreslí na průhlednou folii a ta se položí na síto, které je upnuto v rámu. Nyní je nutno provést osvětlení. V neosvětlených místech dochází k odplavení emulze a barva, která se nanáší z druhé strany na síto se otiskne na plech nebo na plastickou hmotu. Síť na ofsetovém stroji je dokonalejší / větší přesnost a slabší vrstva barvy /, ale náklady jsou neúměrně vysoké.

Při volbě sítě je nutno se rozhodnout o tvaru a velikosti elementu. Je možno použít elementu čtvercového a kruhového. Dojde-li ke změně elementu, je možno usuzovat na některé okolnosti průběhu deformace.

V případě, že se plocha elementu nezmění, jedná se o deformaci bez změny tloušťky. Jestliže se plocha elementu změní, je plech tvářen se změnou tloušťky. V případě, že se plocha elementu zvětší, jedná se o tváření se ztenčením plechu či plastické hmoty a naopak.

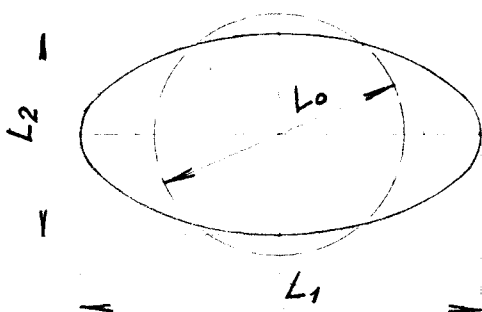
Při deformaci elementu může dojít k tomu, že není-li směr předpokládaných hlavních napětí shodný se skutečným, budou se čtvercové elementy přetvářet na kosočtverce a kruhové elementy na elipsy, jejíž osy přímo ukáží směr hlavních napětí.

Z toho vyplývá výhoda při použití kruhového elementu, jehož matematické řešení je tak jednodušší proti řešení čtvercového elementu.

6.3. Zjišťování stupně deformace a napjatosti použitím deformační sítě.

Při zjišťování předpokládáme izotropní materiál, což se pro plastické hmoty při tvářením za tepla dá předpokládat, a že napětí které působí ve směru tloušťky plechu je rovno nule. Na výlisku řešíme elementární plošku - kružnici.

Po vylisování se kružnice změnila na elipsu podle obr. 1



L_0 - průměr kružnice

L_1 - délka hlavní osy elipsy

L_2 - délka vedlejší osy elipsy

Obr. 1. Deformace kruhového elementu.

Osy elipsy určují směr hlavních napětí. Změřením délek os elipsy a dosazením do těchto výrazů obdržíme logaritmické deformace.

$$\varphi_1 = \ln \frac{L_1}{L_0} \quad ; \quad \varphi_2 = \ln \frac{L_2}{L_0} \quad / 1 /$$

Za dříve uvedených předpokladů je možno zavést tento vztah mezi normálovými napětími.

$$\sigma_1 : \sigma_2 : \sigma_3 = 1 : m : 0$$

z toho plyne že

$$m = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

Vyjádření hodnoty $m = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ pomocí hlavních deformací.

Podle Henckeho vzorce, kde ϵ je funkcí souřadnic platí, že

$$\sigma_1 - \sigma = \epsilon \varphi_1$$

$$\sigma_2 - \sigma = \epsilon \varphi_2$$

při čemž

$$\sigma = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

pro tenké plechy a plastické hmoty můžeme položit $\sigma_3 = 0$

tedy

$$\sigma = \frac{1}{3} (\sigma_1 + \sigma_2)$$

Po dosazení

$$\sigma_1 - \frac{1}{3} \sigma_1 - \frac{1}{3} \sigma_2 = \epsilon \varphi_1$$

$$\sigma_2 - \frac{1}{3} \sigma_1 - \frac{1}{3} \sigma_2 = \epsilon \varphi_2$$

$$\frac{2}{3} \sigma_1 - \frac{1}{3} \sigma_2 = \epsilon \varphi_1 \quad | \cdot 2$$

$$\frac{2}{3} \sigma_2 - \frac{1}{3} \sigma_1 = \epsilon \varphi_2$$

$$\frac{4}{3} \sigma_1 - \frac{1}{3} \sigma_1 = 2\epsilon \varphi_1 + \epsilon \varphi_2$$

$$\sigma_1 = \epsilon (2\varphi_1 + \varphi_2)$$

$$\sigma_2 = \epsilon (2\varphi_2 + \varphi_1)$$

stejně

potom

$$m = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{2\varphi_2 + \varphi_1}{2\varphi_1 + \varphi_2} \quad | \cdot 2 |$$

Stupeň deformace vyjádření oktaedrickým skosem podle [5].

$$d \hat{\gamma} = \frac{2}{3} \sqrt{(d\varphi_1 - d\varphi_2)^2 + (d\varphi_2 - d\varphi_3)^2 + (d\varphi_3 - d\varphi_1)^2}$$

ze zákona stálosti objemu

$$d\varphi_1 + d\varphi_2 + d\varphi_3 = 0$$

$$d\hat{\gamma} = \frac{2\sqrt{2}}{3} \sqrt{d\varphi_1^2 + d\varphi_1\varphi_2 + d\varphi_2^2}$$

podle Nadaye pro proporcionální deformaci lze psát

$$\frac{d\varphi_1}{\varphi_1} = \frac{d\varphi_2}{\varphi_2} = \frac{d\varphi_3}{\varphi_3}$$

pak

$$\hat{\gamma} = \frac{2\sqrt{2}}{3} \sqrt{\varphi_1^2 + \varphi_1\varphi_2 + \varphi_2^2} \quad | \quad 3 \quad |$$

Jak vyjádření $m = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$ tak i

$\hat{\gamma} = \frac{2\sqrt{2}}{3} \sqrt{\varphi_1^2 + \varphi_1\varphi_2 + \varphi_2^2}$ předpokládá, že m je v průběhu tváření konstantní resp., že je splněna tato podmínka

$$\frac{d\varphi_1}{\varphi_1} = \frac{d\varphi_2}{\varphi_2} = \frac{d\varphi_3}{\varphi_3}$$

Tyto podmínky v našem případě splněny nejsou. Při výpočtu hodnoty m v jednotlivých stupních tažení byly zjištěny rozdílné hodnoty.

Z toho plyne, že uvedené vztahy nelze použít pro výpočet konečných a kritických deformací, neboť základní předpoklad není splněn.

Tyto vztahy jsou přesto v našem případě použity, neboť jde o porovnání hodnot při jednotlivých stupních tažení odpovídajících si elementů modelového a skutečného výlisku a m může být jednou z porovnávaných hodnot.

6.4. Použité materiály pro skutečný a modelový výlisk

K lisování na kovovém nástroji byl použit plech o tloušťce 1,3 mm. Je to rakouský plech hlubokotažný značky RR St 1404 podle DIN 1623 zvláště uklidněný s matným povrchem.

Klisování na modelovém nástroji byly použity rondely z PVC a rozvětveného polyetylenu. Tloušťka rondelů z PVC je 1 mm, neboť tloušťku 1,3 mm nebylo možno získat, jak bylo uvedeno v předchozím. Tloušťka rondelů z rozvětveného polyetylenu kolísá v rozmezí 1,2 - 1,4 mm, neboť nebyly k dispozici desky rovnoměrnější tloušťky.

6.5. Porovnání lisovacích nástrojů na skutečný a modelový výlisek.

6.5.1. Postup výroby skutečného výlisku.

Z nástřihu ϕ 105 mm a tloušťky 1,3 mm se vylisuje kalíšek o ϕ 55 mm a hloubce 22,5 mm. Tažné radiusy jsou na průtažníku a průtažnici $R = 9$ mm.

6.5.2. Nástroj na výrobu skutečného výlisku.

Kovový nástroj byl konstruován pro použití na lis LENP 40. Přidržovač slouží zároveň jako vodící deska pro průtažník. Přidržovací síla je vyvozena třemi pryžovými pružinami. Přidržení je řešeno tak, aby síla byla konstantní během lisování. Při vkládání rondelu je nutno přidržovací desku odejmout, vložit rondel a znovu utáhnout tak, aby byl konstantní přidržovací tlak $p = 7,5$ kp/cm².

6.5.3. Nástroj na výrobu modelového výlisku.

Modelový nástroj byl navržen především s ohledem na dodržení těchto podmínek

- a/ respektování zákona podobnosti
- b/ aby uplynula co nejkratší doba od vyndání rondelu z plastické hmoty z ohřívací lázně a začátku lisování.
- c/ výrobně co nejjednodušší

Nástroj byl konstruován pro použití na ruční lis, protože jsem neměl k dispozici žádné zařízení, které by provedlo lisování o určitou hloubku a umožnilo při tomto protažení vychladnutí výtažku. Modelový nástroj je proveden v měřítku 1 : 1. Přidržovací sílu jsem měnil použitím kovových mezikruhových desek o různé váze. Toto řešení jsem zvolil z hlediska jednoduchosti a rychlého ustavení před lisováním, neboť rondely z plastických hmot po vyndání z ohřívací lázně poměrně rychle chladnou.

Celý nástroj je vyroben z pryskyřic ChS EPOXY 1200 a ChS EPOXY 2100. Tyto pryskyřice byly spolu smíchány za přidání tužidla ve váhových poměrech dle tabulky 2, neboť v tomto případě vykazují nejlepší vlastnosti. Urychlovače nebylo použito.

Pryskyřice	vah. díly
ChS Epoxy 1200	100
ChS Epoxy 2100	100
tužidlo	7,0

Tabulka 2.

Po důkladném promíchání byly odlity příslušné odlitky a opracovány ve vývojových dílnách VŠST.

7. Provozní zkoušky a měření.

Provozní zkoušky byly provedeny ve vývo-

jových dílnách VŠST.

7.1. První část - tváření zkušebních tyčinek.

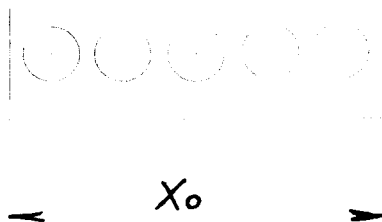
V první části zkoušek bylo nutno provést porovnání plechu tvářeného při teplotě okolí a plastických hmot tvářených za tepla. Protože některé plastické hmoty / polyetylen / mají při 20°C větší pružnou deformaci než plech, bylo nutno vyzkoušet teplotu, při které je pružná deformace stejná jako u plechu. Jiné / PVC / které se při 20°C nedají tvářet, bylo nutno zahřát a zjistit jejich deformace.

Za tímto účelem byly zhotoveny zkušební tyčinky z PVC, lineárního polyetyleny, rozvětveného polyetyleny, celuloidu a polystyreny. Na zkušební tyčinky z plastických hmot a plechu byla vyryta z jedné strany kruhová deformační síť dle obr. 2 a z druhé strany kruhová deformační síť dle obr. 3. Na jedné straně tyčinky byly souměrně vyryty dvě rysky, vzdálené od sebe 50 mm. Sítotisk, který byl vyzkoušen, nebylo možno použít, neboť barva při deformaci tyčinek ta tepla odprýskala. / zvláště u rozvětveného polyetyleny /

Za účelem ohřevu zkušebních tyčinek bylo zhotoveno zařízení dle obr. 4. Dvě topné desky umožňují při trhací zkoušce zahřátí zkušební tyčinky a její rovnoměrné protažení o určitou deformaci.

Zkušební tyčinky byly natahovány při různých teplotách tak, že vzdálenost rysek z 50 mm se zvětšila na 60 mm. Takto protažené tyčinky byly ponechány v čelistech trhačky, až vychladly na teplotu místnosti. Po vyjmutí z trhačky se podle teploty zahřátí projevila pruž-

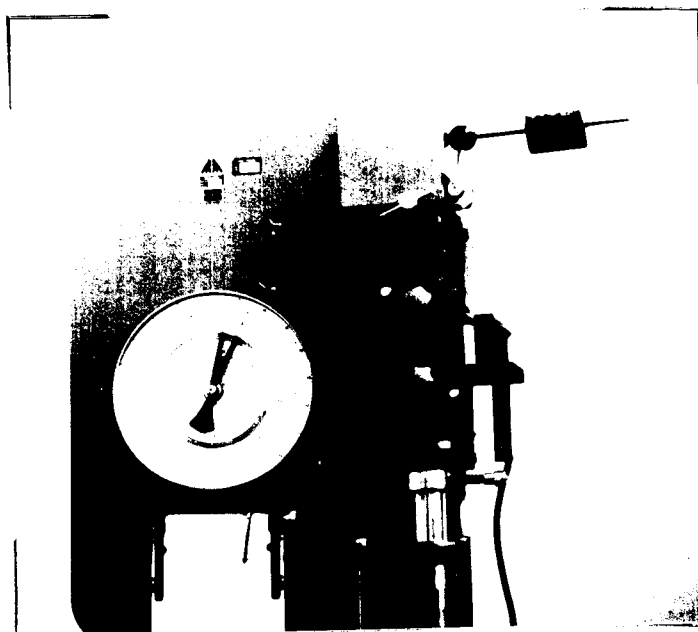
ná deformace. Výsledky jsou uvedeny v tabulkách
3 a 4. Vzdálenost rysek po uvolnění je X_2 .



Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4

Tabulka 3.

Naměřené hodnoty při natahování zkušebních tyčinek z PVC za různých teplot.

Teplota	X ₀	X ₁	X ₂	plech X ₂
50°C	50	60	59,5	při
60	50	60	60,0	20°C
64	50	60	60,0	59,8
73	50	60	60,0	

Tabulka 4.

Naměřené hodnoty při natahování zkušebních tyčinek z rozvětveného polyetyleny za různých teplot.

Teplota	X ₀	X ₁	X ₂	plech X ₂
54°C	50	60	57	při
60	50	60	57,7	teplotě
67	50	60	58,8	20°C
70	50	60	59,0	59,8
73	50	60	59,2	

Při natahování těchto dvou materiálů, docházelo k pravidelné deformaci vyrytých kruhových elementů stejně jako u plechu. U PVC jsou rozměry deformovaných kruhových elementů od teploty 60°C stejné s rozměry deformovaných elementů u plechu. U rozvětveného polyetyleny se při teplotě 73°C rozměry poněkud liší, neboť vzdálenost mezi ryskami se liší od délky u plechu.

Při vyšších teplotách u PVC, bylo již tváření naprosto shodné, jako při teplotě 60°C. Deformační síť vyrytá na zkušební tyčinky prak-

ticky neovlivňuje výsledky. Vruby vzniklé vyrytím kroužků nezpůsobily při vyšších teplotách porušení soudržnosti ani v jednom případě.

Při teplotě 80°C u rozvětveného polyetyleny se již projevily vrubové účinky deformační sítě a docházelo k porušení soudržnosti materiálu. Protože při ohřevu tyčinek bylo využito sálavé teplo bez cirkulace vzduchu, docházelo již při této teplotě k lokálnímu přehřívání zkušební tyčinky. Tím se tyčinka tvářela nepravidelně.

Při zkoušení ostatních materiálů nebylo dosaženo kladných výsledků, neboť zkušební tyčinky se tvářely nepravidelně a nešly porovnat s tyčinkami z plechu. Proto jsem pro další tváření na modelovém nástroji použil PVC a rozvětvený polyetylen.

7.2. Druhá část - tváření rondelů.

V druhé části zkoušek bylo provedeno tváření rondelů při různých teplotách a přidržovacích tlacích.



Obr. 5. Modelový nástroj

7.2.1. Tváření rondelů z PVC.

Jak ukázaly zkoušky zkušebních tyčinek, PVC se při teplotě 20°C tvářet nedá. Teprve při ohřevu na vyšší teplotu je možno PVC tvářet.

Ohřev rondelu byl nejprve proveden topným tělesem přímo ve formě. Protože zde docházelo k nerovnoměrnému ohřevu, používal jsem při dalším ohřevu olejové lázně. Rondely byly zahřívány v lázni na různé teploty a tvářeny rychlostí asi 5 cm/s při různých zatíženích přídržovače. Výtažky takto získané byly pro porovnání s plechem naprosto negativní. Docházelo totiž pouze ke tváření dna a válcovité části. Materiál pod přídržovačem nebyl vtahován dovnitř, jako je tomu u plechu. Z tohoto důvodu jsem provedl nahřátí spodní části formy a přídržovače, aby odvod tepla mezi přídržovačem a formou byl co nejmenší. Výsledek byl opět negativní. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že materiál, který je v plastickém stavu má malou pevnost a nemůže vtahnout materiál dovnitř. Aby se umožnilo vtahování materiálu pod přídržovačem při tváření, byl rondel podložen pevnou slabou tkaninou a provedeny zkoušky pro jednotlivé hloubky tažení. Přídržovací síla 3 kp.

Výsledky jsou zpracovány v tabulce 5.

7.2.2. Tváření rondelů z rozvětveného polyetylenů.

Při tváření rondelů z rozvětveného polyetylenů docházelo při ohřevu nad 73°C k popraskání dna, neboť jak u zkušebních tyčinek, tak i zde se projevil vrub. Proto bylo nutno provádět ohřev na teplotu 73°C. Ohřev rondelů byl prováděn v olejové lázni. Pro dosažení hloubky výtažku bylo nutno provést tah větší než u plechu

při teplotě 20°C o tyto hodnoty :

pro 40% tahu o 4 mm

pro 60% tahu o 6 mm

pro 80% tahu o 8 mm

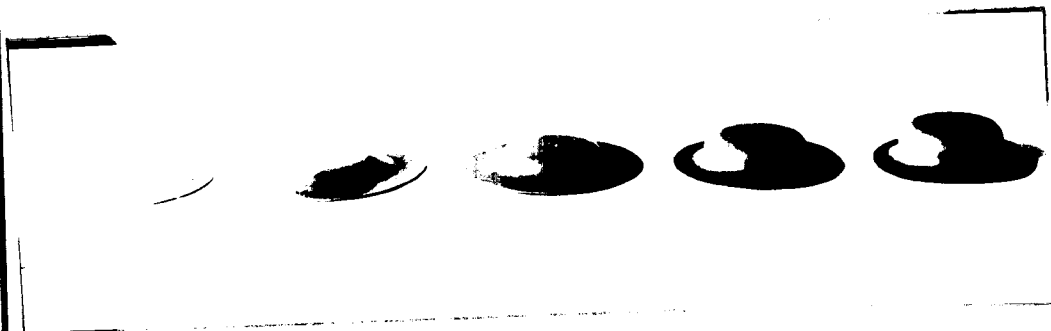
pro 100% tahu o 10 mm

Tyto hodnoty byly vyzkoušeny.

Dá se předpokládat, že při vyšších teplotách by se tyto hodnoty podstatně snížily.

I když zkušební tyčinka při teplotě 73°C se tvářela skoro stejně jako tyčinka z plechu, vznikla u rondelu z polyetylenu daleko větší pružná deformace. Značný rozdíl se dá vysvětlit tím, že zkušební tyčinka byla během deformace zahřívána, teprve potom ochlazená. Při tváření rondelu po jeho vyjmutí z olejové lázně a během tažení dochází k neustálému ochlazování a tím ke zvyšování pružné deformace. Proto bych pro další zkoušky doporučoval provádět je v takovém prostředí, které má teplotu stejnou s rondelem.

Výsledky zkoušek jsou zpracovány v tabulce 6.



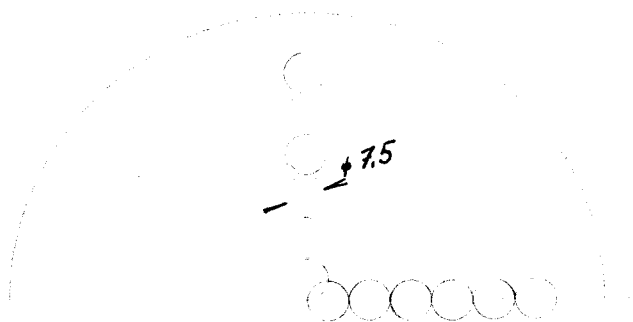
Obr. 6. Postupné hloubky tažení u polyvinylchloridu : rondel, 40%, 60%, 80%, 100%.



Obr. 7. Postupné hloubky tažení u rozvětveného polyetylenu : rondel, 40%, 60%, 80%, 100%

7.3. Měření deformace elementu sítě modelového výlisku.

Výlisek byl orýsován kružnicemi o ϕ 7,5 mm ve dvou směrech na sebe kolmých dle obr. 8.



Obr. 8.

Protože při ohřevu na danou teplotu předpokládáme izotropní materiál, deformace odpovídajících si elementů se nemají lišit, což bylo splněno. K vyhodnocení se tedy použije jen jednoho směru. Délky os elips jsem odečítal zvětšovací lupou, která měla měřítko s dělením po 0,1 mm. V nepřístupných místech jsem délku os odečítal ohebným měřítkem s dělením po 1 mm.

Vyhodnocení sítě bude provedeno podle vztahů /1/ a /3/ kap. 6.3. a uvedeno v následující

VŠST LIBEREC DP - 404	Tváření desek z plastických hmot	DP — STR. 29
		9. ŘÍJNA 1965
		Josef Příbyl
<p>kapitole.</p> <p>7.4. Vypočtené hodnoty zjištěné na základě deformace obou sítí a jejich porovnání.</p> <p>V následujících tabulkách jsou uvedeny délky os elips skutečného a modelového výlisku, z nich vypočtené logaritmické deformace φ_1 a φ_2 a stupně deformace vyjádřené oktaedrickým skosem $\hat{\varphi}$ u jednotlivých hloubek tažení. Počet porovnávaných elementů je 6. První v pořadí je na dnu výlisku a šestý na přírubě výlisku. Průměr kruhových elementů $L_0 = 7,5$ mm.</p>		

Hodnoty naměřené a vypočtené u plechového
výlisku.

40% hloubky tahu

Element č.	L1	L2	φ_1	φ_2	\hat{f}
1	7,5	7,5	0	0	0
2	7,5	7,5	0	0	0
3	7,9	7,4	0,052	-0,013	0,076
4	7,9	7,4	0,052	-0,013	0,076
5	7,5	7,2	0	-0,040	0,065
6	7,6	7,2	0,013	-0,040	0,085

60% hloubky tahu

1	7,5	7,5	0	0	0
2	7,5	7,5	0	0	0
3	8,0	7,5	0,064	0	0,104
4	8,3	7,4	0,101	-0,013	0,155
5	7,9	6,9	0,052	-0,083	0,118
6	7,6	6,8	0,013	-0,097	0,148

80% hloubky tahu

1	7,5	7,5	0	0	0
2	7,5	7,5	0	0	0
3	7,8	7,5	0,036	0	0,058
4	8,9	7,2	0,171	-0,040	0,252
5	8,1	6,2	0,077	-0,190	0,270
6	7,9	6,1	0,052	-0,206	0,292

100% hloubky tahu

1	7,5	7,5	0	0	0
2	7,5	7,5	0	0	0
3	8,0	7,5	0,064	0	0,102
4	8,5	7,5	0,125	0	0,204
5	9,0	6,2	0,182	-0,190	0,269
6	8,2	5,9	0,089	-0,238	0,340

Tabulka 5.

Hodnoty naměřené a vypočtené pro PVC.

40% hloubky tahu

Element č.	L ₁	L ₂	φ_1	φ_2	\hat{f}
1	7,6	7,5	0,013	0	0,021
2	7,7	7,5	0,025	0	0,040
3	7,9	7,5	0,052	0	0,085
4	8,0	7,4	0,064	-0,013	0,095
5	7,4	7,3	-0,013	-0,026	0,056
6	7,5	7,2	0	-0,040	0,065

60% hloubky tahu

1	7,7	8,0	0,025	0,064	0,130
2	7,7	8,0	0,025	0,064	0,130
3	8,0	8,0	0,064	0,064	0,181
4	8,6	7,5	0,137	0	0,224
5	7,7	6,9	0,025	-0,083	0,121
6	7,4	6,9	-0,013	-0,083	0,147

80% hloubky tahu

1	8,0	8,0	0,064	0,064	0,181
2	8,4	8,1	0,113	0,077	0,270
3	8,6	8,2	0,137	0,089	0,322
4	8,9	7,6	0,170	0,013	0,289
5	7,8	6,7	0,036	-0,113	0,163
6	7,6	6,6	0,013	-0,127	0,199

100% hloubky tahu

1	8,0	8,0	0,064	0,064	0,181
2	8,1	8,0	0,077	0,064	0,199
3	8,8	7,8	0,159	0,036	0,294
4	9,4	7,8	0,224	0,036	0,398
5	8,7	6,2	0,148	-0,190	0,283
6	8,1	5,9	0,077	-0,239	0,344

Tabulka 6.

Hodnoty naměřené a vypočtené pro
rozvětvený polyetylen.

40% hloubky tahu

Element č.	L ₁	L ₂	φ_1	φ_2	\hat{f}
1	7,5	7,5	0	0	0
2	7,5	7,5	0	0	0
3	7,9	7,4	0,052	-0,013	0,076
4	7,8	7,4	0,036	-0,013	0,052
5	7,5	7,2	0	-0,040	0,065
6	7,5	7,1	0	-0,054	0,088

60% hloubky tahu

1	7,6	7,6	0,013	0,013	0,036
2	7,6	7,6	0,013	0,013	0,036
3	8,0	7,5	0,064	0	0,104
4	8,2	7,5	0,089	0	0,145
5	7,7	7,1	0,025	-0,054	0,077
6	7,6	7,0	0,013	-0,068	0,103

80% hloubky tahu

1	7,7	7,5	0,025	0	0,040
2	7,7	7,5	0,025	0	0,040
3	7,9	7,5	0,052	0	0,085
4	8,7	7,3	0,148	-0,027	0,224
5	7,9	6,7	0,052	-0,113	0,160
6	7,6	6,8	0,013	-0,097	0,149

100% hloubky tahu

1	7,5	7,5	0	0	0
2	7,6	7,5	0,013	0	0,021
3	8,0	7,5	0,064	0	0,102
4	8,5	7,4	0,125	-0,013	0,194
5	8,7	6,6	0,148	-0,127	0,226
6	8,1	6,5	0,077	-0,142	0,200

Tabulka 7.

Zjištěné rozdíly hodnot φ_1 , φ_2 a $\hat{\varphi}$
u skutečného a modelového výlisku z PVC.

40% hloubky tahu

Element č.	$\Delta \varphi_1$	$\Delta \varphi_2$	$\Delta \hat{\varphi}$
1	0,013	0	0,021
2	0,025	0	0,040
3	0	0,013	0,009
4	0,012	0	0,019
5	0,013	0,014	0,009
6	0,013	0	0,020
60% hloubky tahu			
1	0,025	0,064	0,130
2	0,025	0,064	0,130
3	0	0,064	0,077
4	0,036	0,013	0,069
5	0,027	0	0,003
6	0,026	0,015	0,001
80% hloubky tahu			
1	0,064	0,064	0,181
2	0,113	0,077	0,270
3	0,101	0,089	0,264
4	0,001	0,053	0,037
5	0,041	0,077	0,103
6	0,039	0,179	0,093
100% hloubky tahu			
1	0,064	0,064	0,181
2	0,077	0,064	0,199
3	0,095	0,036	0,192
4	0,119	0,036	0,194
5	0,034	0,047	0,014
6	0,012	0,001	0,004

Tabulka 8.

Zjištěné rozdíly hodnot φ_1 , φ_2 a \hat{f}
u skutečného a modelového výlisku z rozvětve-
ného polyetylenu.

40% hloubky tahu

Element č.	$\Delta \varphi_1$	$\Delta \varphi_2$	$\Delta \hat{f}$
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0,016	0	0,024
5	0	0	0
6	0,013	0,014	0,003
60% hloubky tahu			
1	0,013	0,013	0,036
2	0,013	0,013	0,036
3	0	0	0
4	0,012	0,013	0,010
5	0,027	0,029	0,041
6	0	0,029	0,045
80% hloubky tahu			
1	0,025	0	0,040
2	0,025	0	0,040
3	0,016	0	0,027
4	0,023	0,013	0,028
5	0,025	0,077	0,110
6	0,039	0,109	0,143
100% hloubky tahu			
1	0	0	0
2	0,013	0	0,021
3	0	0	0
4	0	0,013	0,010
5	0,034	0,063	0,043
6	0,012	0,096	0,140

7.5. Hodnocení.

Při řešení této diplomové práce nebyla k dispozici žádná zpráva nebo literatura pokud jde o tažení plastických hmot a jejich porovnání s plechem. Nedostatek znalostí si proto vyžaduje podrobnější průzkum a vyřešení dalších otázek, na př. potiskování polyetylenů tak, aby barva držela i při vyšších teplotách. Dále je nutno vyzkoušet další termoplastické materiály, které by dávaly naději na úspěch této metody. Ze zkoušek vyplývá, že pro porovnání s plechem nelze plastické hmoty tvářet při teplotě měknutí a výše, neboť při této teplotě dochází sice ke zvětšení tažnosti, ale též ke snížení pevnosti. Hmota v takovémto stavu se nemůže sama tvářet jako plech. Tuto domněnku potvrzuje tváření PVC. Při teplotě nižší, než je bod měknutí jsou podmínky podstatně výhodnější. Na závadu ovšem je ta skutečnost, že pružná deformace je větší než u plechu. Proto musel být výlisek vytvářen o určité procento více, aby po uvolnění z modelového nástroje získal stejnou deformaci jako plech. Při jednotlivých tazích bylo vždy provedeno tváření o 44,5% více, než u plechu. To bylo vyzkoušeno pro teplotu 73°C a přidržovací síle 20 kp u rozvětveného polyetylenů. Při nižší přidržovací síle se tvořily vlny stejně jako u plechu. Dá se předpokládat, že za vyšších teplot se % protažení podstatně sníží, zvláště při tváření v prostředí stejně teplém jako rondel.

Velké rozdíly, které vznikly u polyetylenů při porovnání deformace 5 a 6 elementu jsou způsobeny nerovnoměrnou tloušťkou rondelu, hlavně však nestejným vtahováním příruby pod přidržovačem při tažení kalíšku. Při ohřevu for-

my, jejíž části byly vytvrzovány při normální teplotě, došlo ke zvětšení ϕ osazení pro vodící desku. To mělo za následek nesouosé vkládání vodící desky do nástroje, a tím k posuvu rendelu při lisování. Tím se dá pravděpodobně vysvětlit nestejněměrné vtahování příruby.

U PVC nebylo třeba provádět tažení větší jako u polyetyleny, protože konec tváření byl v blízkosti bodu měknutí. PVC takto tvářené lépe drží tvar vzniklého výlisku než polyetylen.

8. Závěr.

Tuto práci můžeme považovat pouze za experimentální zkoušky, neboť zde byly zkoušeny plastické hmoty s ohledem na jejich použití jako modelového materiálu. Ze zkoušek vyplývá, že za určitých podmínek bude možno tvářet desky z plastických hmot s určitými rozdíly jako plech. Zda bude možné využít některých plastických hmot jako modelového materiálu ukážou další zkoušky.

VŠST LIBEREC
DP - 404

Tváření desek
z plastických hmot

DP — STR. 37

9. ŘÍJNA 1965

Josef Příbyl

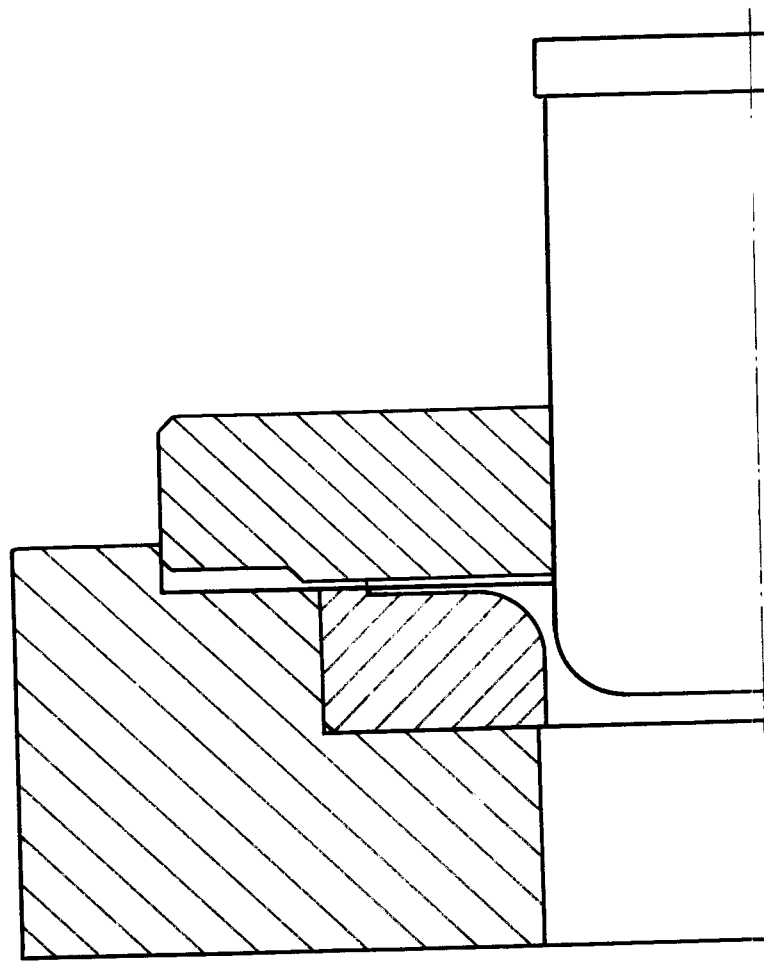
Touto cestou bych chtěl poděkovat za cenné rady a připomínky vedoucímu diplomové práce Ing. J. Krebsovi a konsultantům Ing. J. Křištofovi a Ing. V. Mikešovi. Zaměstnancům Nástrojárny a Vývojových dílen za včasné zhotovení modelového nástroje.

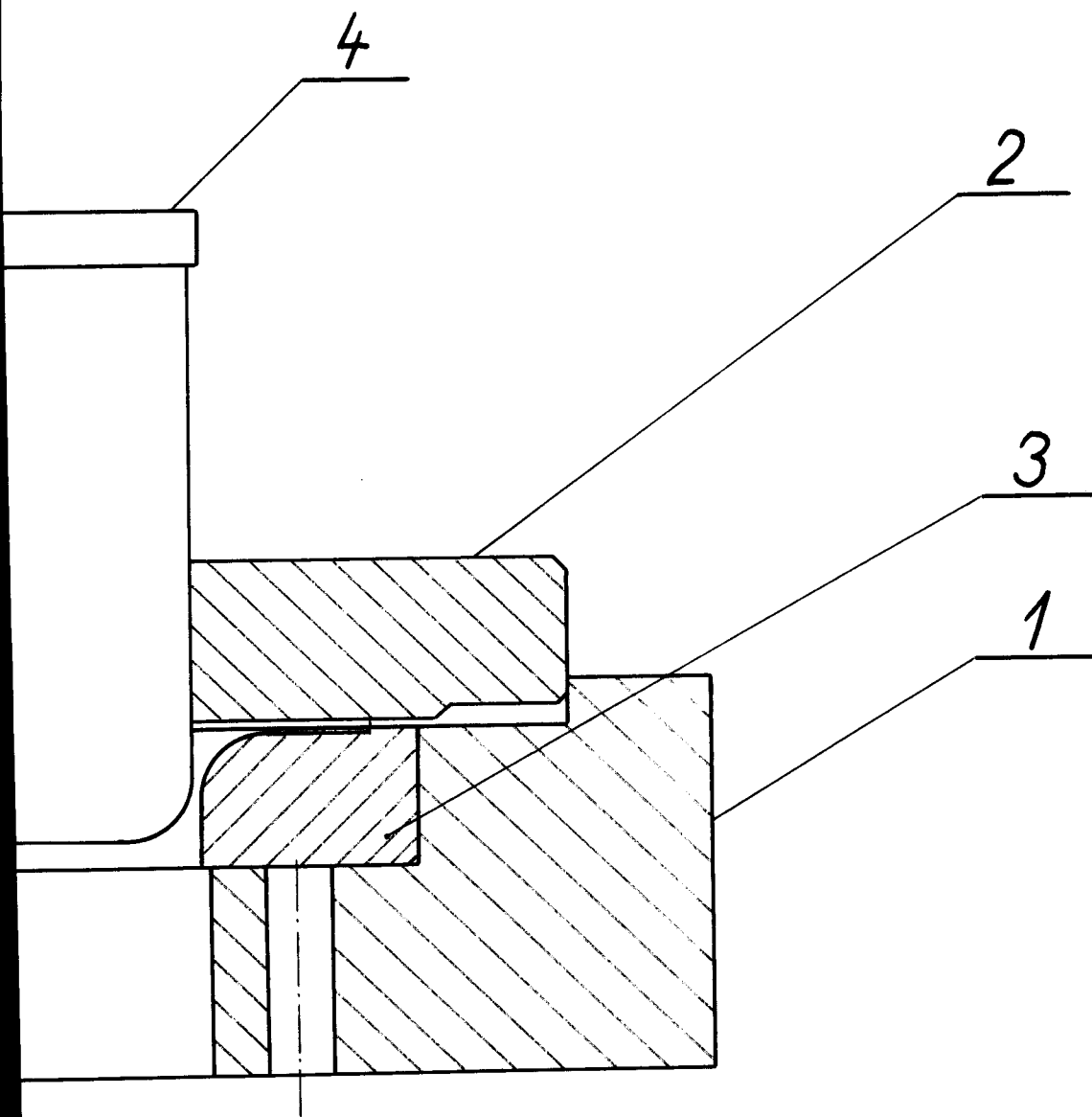
Seznam literatury.

- 1 J. Kubík - F. Gřunděl
PVC - výroba, zpracování a použití.
- 2 Z. Meisl
Lisovací nástroje z plastických hmot.
- 3 Vývoj technologie AZNP Ml. Boleslav - J. Bartůněk
Zpráva z výzkumného úkolu : Životnost a využití plastických hmot v nástrojařství a karosářské technologii.
- 4 M. Hanzlík
Epoxydové pryskyřice a jejich použití.
- 5 Hoffman - Sachs
Introduction to the theory of plasticity for engineers. / Ruský překlad Vvedenie v teoriju plastičnosti dlja inženierov. Moskva
GNTIML 1957
- 6 V. Havlíček - M. Osten
Přehled plastických hmot.
- 7 Z. Meisl
Tažné nástroje ze dřeva.
- 8 V. Hašek
Tváření kovů za studena.

	Obsah.	list
1.	Úvod	1
2.	Způsoby ověřování výrobní technologie	2
3.	Plastické hmoty všeobecně	4
4.	Rozdělení plastických hmot	5
4.1.	Použité materiály z plastických hmot pro tváření	6
4.2.	Tvarovací teplota	9
4.3.	Tvarovací rychlost	10
4.4.	Tvarovací tlak	10
4.5.	Ohřev plastických hmot	10
4.5.1.	Ohřívací lázně	11
4.5.2.	Ohřev elektrickým proudem	11
5.	Možnosti výroby modelů pro tváření plastických hmot	11
5.1.	Ověřovací model z plastických hmot	11
5.1.1.	Epoxydové pryskyřice	12
5.1.2.	Fenolické pryskyřice	13
5.1.3.	Polyesterové pryskyřice	14
5.1.4.	Plastické hmoty teplem tvárné	14
5.2.	Ověřovací model z vrstvených hmot	14
5.3.	Ověřovací model ze dřeva	15
6.	Návrh zkušebního zařízení na určený výlisek	15
6.1.	Určení výlisku	15
6.2.	Deformační síť	16
6.3.	Zjišťování stupně deformace použitím deformační sítě	17
6.4.	Porovnání použitých materiálů pro skutečný a modelový výlisek	19
6.5.	Porovnání lisovacích nástrojů na skutečný a modelový výlisek	20
6.5.1.	Postup výroby skutečného výlisku	20
6.5.2.	Nástroj na výrobu skutečného výlisku	20

	list
6.5.3. Nástroj na výrobu modelového výlisku	20
7. Provozní zkoušky a měření	21
7.1. První část - tváření zkušebních tyčinek	22
7.2. Druhá část - tváření rondelů	25
7.2.1. Tváření rondelů z PVC	26
7.2.2. Tváření rondelů z rozvětveného polyetylenu	26
7.3. Měření deformace elementu sítě modelového výlisku	28
7.4. Vypočtené hodnoty zjištěné na základě deformace obou sítí a jejich porovnání	29
7.5. Hodnocení	35
8. Závěr	36
Seznam literatury	38
Obsah	39





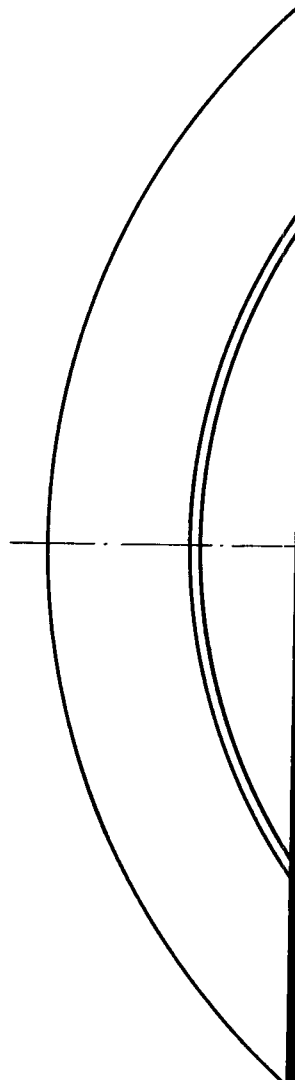
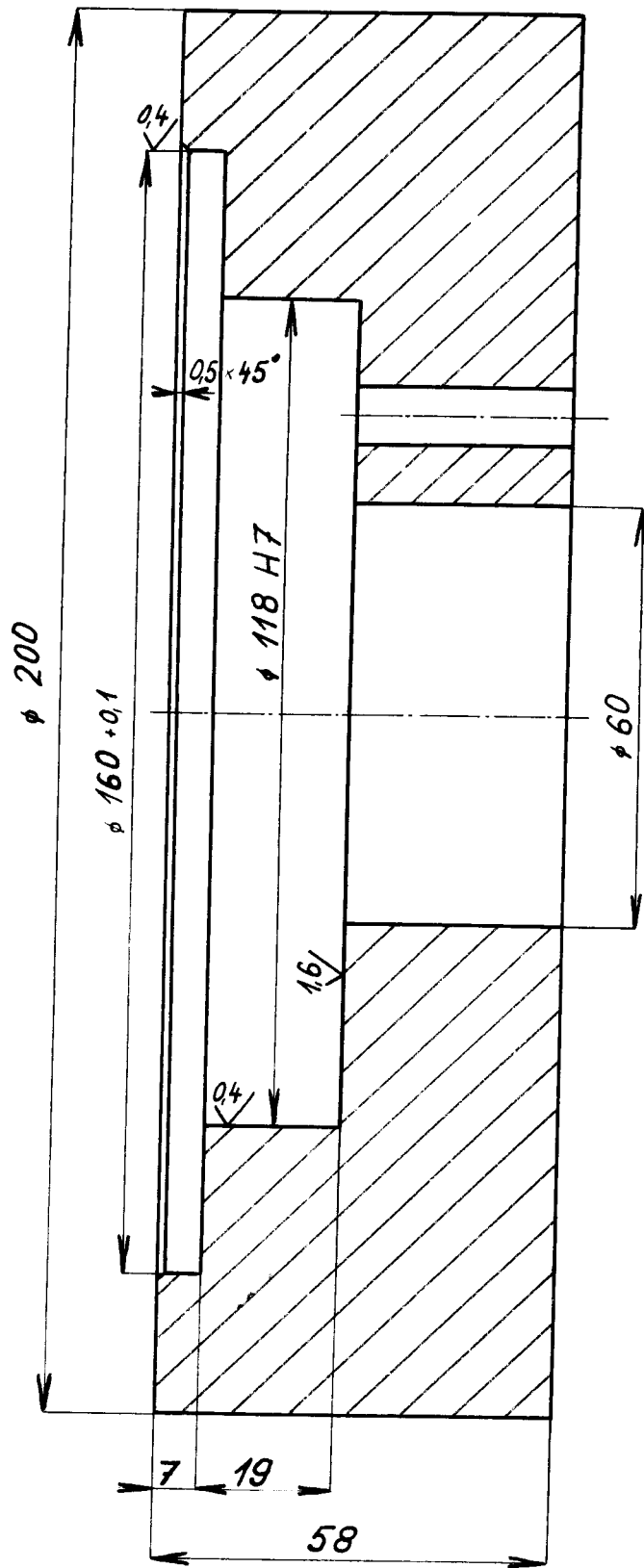
1	Průtažník	odlitek		Pryskyřice			4-KMT-04	4
1	Průtažnice	odlitek		Pryskyřice			4-KMT-03	3
1	Vodící deska	odlitek		Pryskyřice			4-KMT-02	2
1	Základní deska	odlitek		Pryskyřice			3-KMT-01	1

J. Štěpán

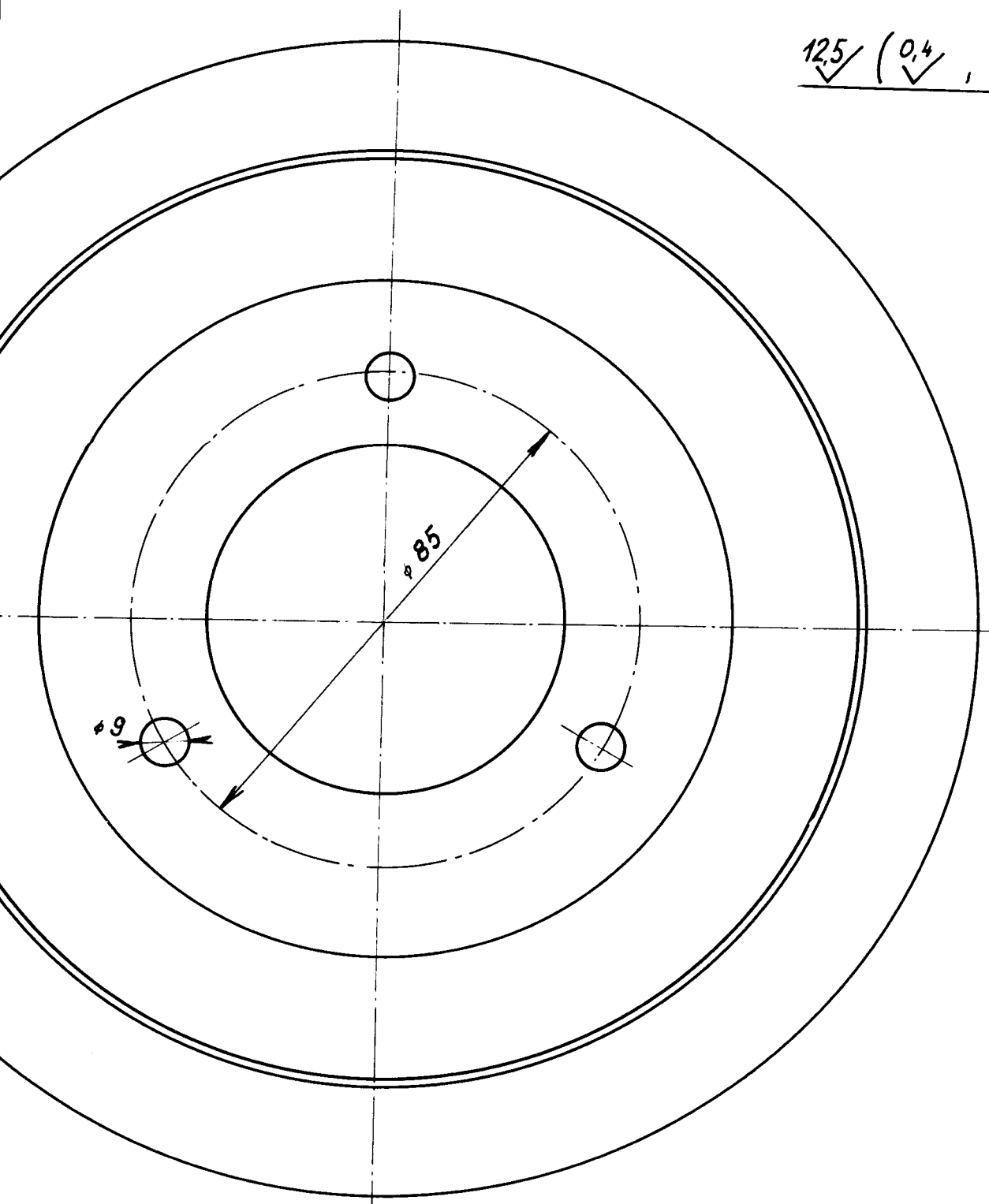
1:1

VŠST
LIBEREC LISOVACÍ NÁSTROJ

3-KMT-00



125/ (0,4 , 1,6)



Materiál: CHS EPOXY 1200 a 2100		1	3-KMT-00				
Počet kusů: odlitek		1. odpad.	Č. v. řady	Hr. k. sp.			
Měřítko: 1:1	Projekt: J. Příbyl						
VŠST LIBEREC		Typ: ZÁKLADNÍ DESKA	Skupina	Starý výkres	Nový výkres		
				3-KMT-01			
				Počet listů		List	

