

Vysoká škola: strojní a textilní Fakulta: strojní
Katedra: tváření a plastů Školní rok: 1983/84

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Vladimíra Fabiána
obor strojírenská technologie

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

Název tématu: Projekt laboratorní vstřikovací formy
na vstřikování modelových těles typu
čtvrtkruh

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s konstrukcí vstřikovacích formy na termoplasty.
2. Vypracujte kompletní dokumentaci pro laboratorní vstřikovací formu na výrobu modelového tělesa typu "čtvrtkruh".
3. Navrhněte metodický postup zkoušení vnitřního pnutí u uvedeného výrobku.
4. Proveďte praktické odzkoušení postupu na obdobném tělese z polystylénu.
5. Zhodnoťte návrh a metodický postup s ohledem na praktické využití.

Autorské právo se řídí směnicemi
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31
727/K/83 ze dne 13. července
1962 Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze
dne 31. 3. 1962 §19 aut. z. č. 115/53 Sb.

7 470/12
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEŘEC 1, STUDENTSKÁ 5
461 17

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran

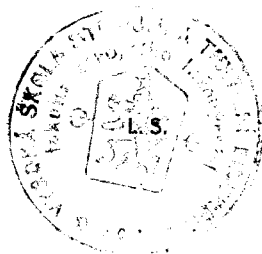
Seznam odborné literatury:

1. Kulhánek, J. a kol. : Formy pro tváření plastických hmot.
SNTL, Praha, 1966
2. Zpráva státního úkolu č. IV-6-3, VŠST, Liberec, 1982

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miloslav Šafařík

Datum zadání diplomové práce: 3. 10. 1983

Termín odevzdání diplomové práce: 25. 5. 1984




Doc. Ing. Jaroslav Tmář, CSc.
Vedoucí katedry


Doc. RNDr. Bohuslav Stříž, CSc.
Děkan

v Liberci dne 22. 9. 1983

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

obor 23 - 07 - 8

STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE

Zaměření: Tváření kovů a plastických hmot

Katedra : Tváření a plastů

Název diplomové práce:

PROJEKT LABORATORNÍ VSTŘIKOVACÍ FORMY
NA VSTŘIKOVÁNÍ MODELOVÝCH TĚLES TYPU
ČTVRTKRUH

Jméno a příjmení autora: Vladimír F a b i á n

Číslo: 0 9 5

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miloslav Š a f a ř í k

Rozsah práce a příloh

Počet stran : 70

Počet příloh : 33

Počet tabulek : 5

Počet obrázků : 29

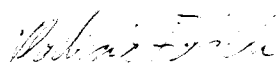
Počet výkresů : 33

Datum: 21. května 1984

Místopřísežné P R O H L Á Š E N Í

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

V Jablonci nad Nisou dne 15. května 1984


Vladimír Fabián

I. Ú v o d	6
II. T e o r e t i c k á č á s t	9
1. Faktory ovlivňující jakost výrobků	9
1.1. Vliv zpracovávaného plastu	9
1.2. Vliv zpracovatelských podmínek	10
1.3. Studené spoje	11
1.4. Vnitřní pnutí	12
2. Vliv technologie na vlastnosti výstřiků z Krastenu	15
2.1. Smrštění, dodatečné smrštění a anizotropie smrštění	15
2.2. Mechanické vlastnosti	15
2.3. Technologické podmínky pro polystyren Krasten	16
3. Návrh speciální vstřikovací formy pro výrobu modelových nosných sloupků	19
3.1. Konstrukční rozdělení vstřikovacích forem	19
3.2. Laboratorní vstřikovací forma na výrobu modelového tělesa typu " čtvrtkruh "	22
III. P r a k t i c k á č á s t	29
1. Stanovení vnitřního stavu mikrotěles z polystyrenu Krasten 127	29
1.1. Metoda dosmršťování výstřiků za vyšších teplot a metody přímého měření sil vznikajících ve výstřiku při zvětšování jeho tloušťky za vyšších teplot	30
1.1.1. Zkušební tělesa	30

1.1.2.	Dosmršťování mikrotěles za vyšších teplot	31
1.1.3.	Přímé měření sil vznikajících při zvětšování tloušťky výstřiku za vyšších teplot	31
1.1.4.	Hodnocení siloměrného měření a dosmrštění	33
1.1.5.	Výsledky měření	40
1.2.	Závěr	57
2.	Krátkodobý modul pružnosti	58
2.1.	Modul pružnosti ze zkoušky ohybem	58
2.1.1.	Zkušební těleso	59
2.1.2.	Zkušební zařízení	60
2.2.	Určení závislosti modulu pružnosti na technologických podmínkách vstřikování	63
2.3.	Závěr	66
IV.	Z á v ě r	67
V.	P o u ž i t á l i t e r a t u r a	70
VI.	P ř í l o h y	

I. ÚVOD

Vstřikování termoplastů představuje v současné době důležitý technologický proces, jehož výsledkem jsou finální výrobky, vyznačující se řadou předností. Za předpokladu, že jsou splněny požadavky na optimální konstrukci jejich tvaru a technologické podmínky během zpracovatelského procesu rovněž odpovídají optimu, setkáváme se u nich téměř s ideální kombinací vlastností. Náklady na zhotovení výrobku jsou příznivé a výrobek vykazuje vysokou funkční spolehlivost a dostatečnou životnost.

Vysoké požadavky na kvalitu jsou kladeny u plastů používaných pro technické výrobky. Vlivem nedostatku znalostí vnitřního stavu plastických hmot a jejich chování za určitých podmínek se konstruktéři při návrhu tvaru a rozměrů řídí citem, přičemž konstrukční prvky ve většině případů předimenzovávají. Současný stav surovin i energie nás však nutí k odpovědnějšímu přístupu k této problematice. Proto je nanejvýš nutné zabývat se zkoumáním vnitřního stavu plastů za různých podmínek a získané zkušenosti dále aplikovat při návrhu jakékoliv technické součásti.

Názorným příkladem zbytečně předimenzovaného výrobku může být přepravka. Její nosnou částí je sloupek, důležitý zejména při stohování. Jeho konstrukce se neopírá o výzkum, ale o zkušenosti konstruktéra. V současné době je v celosvětovém měřítku v oběhu cca 100 mil. kusů přepravek různých rozměrů a provedení. Navržením optimálního tvaru lze třeba

ušetřit na výrobku několik procent hmoty, což při hromadné výrobě může ročně představovat i několik tun materiálu, nehledě na další energetické úspory. Sloupek má mít maximální tuhost, aby při stohování nedošlo vlivem zborcení k porušení stability, má být pevný v tlaku, velmi houževnatý v širokém teplotním rozsahu a odolný vůči rázu /1/. Tyto vlastnosti jsou určovány vnitřním stavem výrobku. Vnitřní stav, velikost vnitřního napětí, je dán technologickými podmínkami vstřikování, které volí technolog při seřizování vstřikovacího stroje. Protože konstruktér při navrhování výrobku nemůže vědět, jaké vstřikovací podmínky budou potřeba, musí vzít pro optimální řešení konstrukce k dispozici nejen hodnoty mechanických vlastností, ale i jejich závislost v širokém rozmezí technologických parametrů vstřikování.

K optimalizaci tvaru nosného sloupku a k určení jeho vnitřního stavu má pomoci tato diplomová práce. V první části této práce jsem navrhl vstřikovací formu pro vstřikování nosných sloupků různých tvarů a rozměrů, protože získávání sloupků z přepravek pro účely zkoušek by bylo neekonomické. Navíc různou kombinací vložek tvárníku a tvárnice získám i dnes nepoužívané tvary rohů. U navržené formy jsem se zaměřil pouze na ovlivňování tvarové tuhosti sloupku. Dále se v této práci zabývám důležitou mechanickou vlastností pro konstrukční výpočty - modulem pružnosti. Protože s technologickými podmínkami vstřikování se mění vlastnosti plastů, stanovil jsem jak velikost krátkodobého modulu pružnosti, tak i jeho závislost na vstřikovacích podmínkách a to i po temperaci k odstranění vnitřního tepelného napětí. Geome-

trická stabilita sloupku přepravky závisí i na vnitřním napětí ve směru tloušťky. Proto jsem rovněž sledoval velikost tohoto pnutí a jeho závislost na technologických podmínkách vstřikování.

Vytyčený úkol jsem řešil pro polystyrén KRASTEN 127 na mikrotělesech. Práce s mikrotělesy totiž umožní posoudit hotové výrobky za použití malých zkušebních zařízení a při zjednodušení zkušebních postupů.

Tato práce se zabývá pouze úzkým problémem široké problematiky zpracování plastů a jeho hodnocení. Věřím však, že může přispět svými dílčími výsledky k hlubšímu poznání chování plastů.

II. TEORETICKÁ ČÁST

1. Faktory ovlivňující jakost výrobku

Během výrobního procesu se uplatňuje řada faktorů ovlivňujících kvalitu výrobku i produktivitu práce. Tyto faktory souvisí se zpracovávanou hmotou, s technologickými podmínkami zpracovatelského procesu, se strojem a nástrojem.

1.1. Vliv zpracovávaného plastu

Hmota má umožňovat výrobu kvalitních předmětů s požadovanými fyzikálními a mechanickými vlastnostmi. Důležité jsou zpracovatelské vlastnosti plastů. Uplatňuje se tvar a velikost granulí, na nichž závisí kvalita dávkování hmoty. Materiál musí násypkou procházet pravidelně a samovolně. Dávkovací zařízení stroje musí granulát nabírat plynule. Homogenita plastu musí být dosažena v co nejkratší době. Z technologického hlediska má mít zpracovávaná hmota tyto vlastnosti:

- a/ dobré tokové vlastnosti - dobrou zabíhavost
- b/ dostatečnou tepelnou stabilitu v celém rozsahu zpracovatelských teplot
- c/ hmota nesmí při zpracování uvolňovat těkavé látky, při smršťování má vykazovat kontrolovatelnou míru smrštění. Po ztuhnutí má vykazovat minimální vnitřní pnutí. Musí se snadno vyjímat z formy - nesmí se lepit na formu.

1.2. Vliv zpracovatelských podmínek

Při vstřikování termoplastů se v konečném výrobku tvoří vždy orientovaná struktura, která vzniká přednostním uspořádáním delších os makromolekul do směru toku taveniny. Výsledný stupeň orientace je různý a je ovlivněn dvěma protichůdnými procesy:

- a/ tečením taveniny při plnění dutiny vstřikovací formy
- b/ relaxací napětí, ke které dochází po naplnění dutiny vstřikovací formy a která původní stupeň orientace snižuje

Orientovaná struktura je hlavní příčinou anizotropie vlastností ve výstřiku. Mechanické vlastnosti zjišťované ve směru orientace jsou nejvyšší, zatím co vlastnosti měřené ve směru kolmém na směr orientace jsou nejnižší.

Výsledný stupeň orientace ve výstřiku je ovlivněn volbou materiálu, konstrukčními vlivy a technologickými podmínkami. Největší vliv z technologických podmínek má na stupeň orientace vstřikovací teplota. Čím je vyšší, tím nižší viskozitu má tavenina a při jejím toku tedy vznikají pouze malá smyková napětí a dochází k nízkému stupni orientace. Také relaxace napětí může probíhat ve značné míře a výsledkem je vznik málo orientované struktury.

Zvýšení vstřikovacího tlaku způsobuje vzrůst rychlosti tečení taveniny v dutině vstřikovací formy, t.j. zvýšení stupně orientace. Avšak při vyšší rychlosti

tečení dochází ke snížení viskozity, takže se zvětšuje možnost relaxace napětí. Tlak ovlivňuje vlastnosti výstřiků i během dotlačování. Čím je větší, tím více je znesnadněn pohyb molekul a zhoršují se i podmínky pro relaxaci. Zvýšením vstřikovacího tlaku dochází ke zvýšení orientace.

Na stupeň orientace má vliv také teplota vstřikovací formy. Čím je teplota vyšší, tím pomaleji se tavenina ochlazuje a může proběhnout relaxace. Velikost stupně orientace ovlivňují z technologických parametrů ještě rychlost plnění dutiny vstřikovací formy a doba dotlačování.

1.3. Studené spoje

Studený spoj vzniká tehdy, spojí-li se opět jednotlivé proudy taveniny, jejíž dráha byla rozdělena záclisky, vložkami, jádry, nebo spojí-li se proudy taveniny od více ústí vtoků nebo různých směrů. Čím nižší teplotu mají čela proudů taveniny při opětovném spojení, tím horší kvalitu má vzniklý studený spoj. Mnohem citlivější k jejich tvorbě jsou amorfní polymery než krystalické.

Zlepšení kvality studeného spoje, někdy i úplné jeho odstranění je možné volbou vhodných technologických parametrů a správnou konstrukcí formy. Největší vliv na pevnost studených spojů při různých způsobech namáhání má vstřikovací teplota. Vliv teploty vstřikovací formy a vstřikovacího tlaku je nepodstatný.

Z dalších parametrů, které ovlivňují kvalitu studeného spoje je tvar a velikost obtékaného otvoru. Nejméně

závadné jsou kruhové překážky. Dále vzdálenost studeného spoje od ústí vtoku. Čím je větší tato vzdálenost, tím chladnější jsou čela proudu taveniny.

1.4. Vnitřní pnutí

Pod pojmem vnitřní pnutí se rozumí souhrn sil a momentů působících uvnitř tělesa, přičemž jejich výslednice je v každém okamžiku rovna nule. V praxi to znamená, že k vyrovnaní sil a momentů dochází bez působení vnějších sil. Rovnováha, která se takto ustaví, může být porušena změnou vnějších podmínek, např. zvýšením teploty a nebo působením vhodných chemikálií. Vnitřní pnutí se pak projeví změnou tvaru tělesa nebo vznikem trhlin.

Rozdělení vnitřních napětí:

Vnitřní pnutí z orientace

V procesu plnění formy hmota nerovnoměrně chladne. Průřez výstřiku v blízkosti vtoku je pak tvořen jednotlivými vrstvami. Ve vnější sklovité vrstvě dochází pouze k vratným deformacím, v plastickém jádře, kde se nachází tavenina polymeru, působí síly jen po dobu toku taveniny a pak mizí. Střední, kaučukovitě elastická oblast je rozhodujícím nositelem vnitřních pnutí. Při její deformaci se vlivem smykových sil orientují makromolekuly ve směru toku. Tento stav je nerovnovážný, neboť klubička mají snahu vrátit se do sbaleného stavu. To způsobuje vnitřní pnutí z orientace molekul. Orientaci však není možno brát za jediný a přímý zdroj tohoto pnutí. Vyskytuje se vždy současně s orientací, ale hlavní příčinou je nutno

hledat především v deformaci vazeb.

Tepelné pnutí

Během chladnutí výstřiku se vytvoří napříč stěnou výstřiku teplotní gradient, který je příčinou teplotních pnutí. Povrchové vrstvy chladnou rychleji než vnitřní, a tím více se také zmenšuje jejich objem. Vzájemným působením těchto vrstev vznikají na povrchu tahová a ve vnitřních vrstvách tlaková napětí. Po vychladnutí výstřiku se smysl napětí obrátí. Část tepelné energie se tedy zablokuje v podobě deformovaných molekul, t.j. vnitřního pnutí.

Ostatní napětí

- Vnitřní napětí vlivem nehomogenity struktury výstřiku
- Napětí brzděným smršťováním během chladnutí
- Vnitřní napětí vlivem špatné konstrukce vyhazovače

Vliv vstřikovacího tlaku a teploty na vnitřní napětí

Vliv vstřikovacího tlaku není jednoznačný. Jeho zvýšení má za následek snížení doby plnění dutiny formy a zkrácení doby chladnutí během toku taveniny, ale je na druhé straně příčinou větších smykových sil a tedy i zvýšení pnutí z orientace. Nedostatečný zbytkový tlak je příčinou propadlin, vysoký zbytkový tlak vede ke zvýšení pnutí vlivem smykových sil.

Vstřikovací teplota ovlivňuje viskozitu plastu, je tedy z hlediska zabíhavosti vhodné používat co nejvyšší možné teploty. To má však za následek zvýšení tlaku v dutině

formy, neboť se snižují tlakové ztráty v dutinách. To má za následek zvýšení vnitřního pnutí. Je tedy nutné hledat optimální řešení.

V praxi je však nutno brát v úvahu i vliv všech ostatních faktorů působících při vstřikování.

Metody hodnocení vnitřního napětí

Kvalitativní metody:

- polarizačně optická metoda
- koroze za napětí
- relaxační metoda
- samovolné smrštění za vyšších teplot
- měření mikrotvrdosti
- metoda křehkých laků
- metoda tepelných šoků
- měření hustoty
- metoda vrtání slepé díry
- stanovení teploty deformace penetrometrickou metodou

Kvantitativní metody:

- přímé měření deformačních sil
- rentgenografická metoda
- zjišťování pnutí na základě průhybu tělesa
- metoda deformačních sítí
- metoda infračervené spektroskopie
- holografické metody

2. Vliv technologie na vlastnosti výstřiků z KRASTENU /2/

2.1. Smrštění, dodatečné smrštění a anizotropie smrštění

Smrštění je rozměrová změna probíhající v průběhu vstřikování. Velikost rozměrové změny závisí na základních technologických podmínkách vstřikování, na chemickém složení a struktuře plastu, na způsobu plnění formy taveninou a na podmínkách ochlazování taveniny.

Důležitou vlastností z hlediska konstrukce výrobků je i závislost smrštění na směru toku taveniny. Plasty s větším rozdílem smrštění ve směru toku a ve směru kolmém na směr toku, t.j. s větší anizotropií smrštění, mají sklon k tvarovým deformacím stěn výstřiků.

Největší smrštění má standardní polystyrén, s rostoucím obsahem butadienu se smrštění zvyšuje.

Příčinou dodatečného smrštění polystyrenových plastů je zejména relaxace vnitřního pnutí probíhajícího ve výstřiku vlivem zvýšené teploty. Tyto rozměrové změny jsou pro výstřiky vyrobené danou technologií tím větší, čím je vyšší teplota temperace a čím delší je doba expozice výstřiku při této teplotě. Dodatečné smrštění se výrazně projevuje u výstřiků o tloušťce stěny 1 mm. U výstřiků větších tloušťek je dodatečné smrštění podstatně menší. Pro rozměry výstřiků v kolmém směru jsou hodnoty dodatečného smrštění opačného směru.

2.2. Mechanické vlastnosti

Maximální hodnoty rázové a vrubové houževnatosti mají jednoose namáhaná tělesa z KRASTENU, vstřikovaná při nej-

nižší teplotě taveniny, tedy s maximální orientací ve směru toku taveniny. Obecně má materiál KRASTEN zvýšenou citlivost ke studeným spojům. Hodnot nenarušených těles nedosáhnou tělesa se studenými spoji za žádných technologických podmínek.

Z technologických parametrů má rozhodující vliv na odolnost výstřiků k rázu teplota taveniny, přičemž silně orientované výstřiky vstřikované při nižších teplotách taveniny se ukázaly jako méně odolné k rázu při víceosé napjatosti. Ve směru kolmém na tok taveniny, který je určující pro houževnatost měřenou za podmínek pádové zkoušky / pevnost je relativně nižší /, dochází naopak k růstu pevnosti se zvyšující se teplotou taveniny.

2.3. Technologické podmínky pro polystyrén KRASTEN /2/

Správná volba technologických podmínek je předpokladem jak hospodárné výroby, tak kvality výstřiků. Potom můžeme vstřikovací proces rozdělit na - dávkování

- plastikaci
- vlastní vstřikování

Dávkování

Správně volená dávka taveniny má postačit pro naplnění formy a pro doplňování v průběhu chlazení výstřiku a jeho smršťování. Vzhledem k objemovému smrštění taveniny KRASTENU při ochlazování, je nutno volit dávku 1,1 až 1,5x x větší, než je objem tvarové dutiny formy a vtokové soustavy. Vstřikovaný objem nemá být menší než 15% maximálního objemu pro jeden vstřik příslušného typu vstřikova-

cího stroje a nemá u KRASTENU přesáhnout 90% maximálního objemu.

Plastikace

S plastikací a homogenizací KRASTENU na šnekových vstřikovacích strojích univerzální konstrukce nejsou problémy. Při plastikaci se doporučuje zvolit takové otáčky šneku, aby obvodová rychlost dosahovala hodnot 50 až 60 m/min. Odpor na šneku / protitlak / se nastaví na hodnotu 5 až 20 MPa.

Vstřikování

Teplota taveniny je teplota naměřená ve vstřikovací trysce v průběhu plnění formy, tedy skutečná teplota vstřikované taveniny. Teplotní rozsah vstřikování KRASTENU je 180°C až 260°C. U pigmentovaných materiálů je nutno horní hranici podříditi stálosti použitého pigmentu nebo barviva. Tato teplota bývá obvykle 250°C.

Teplota formy ovlivňuje zatékavost taveniny, kvalitu povrchu, mírně smrštění a vlastnosti výstřiku. Rozsah teplot formy lze pro KRASTEN volit v rozmezí 10°C až 70°C dle povahy výstřiku a v závislosti na ekonomii. Čím nižší je teplota formy, tím rychlejší je chlazení výstřiku a kratší cyklus vstřikování.

Vstřikovací tlak, dotlak a rychlost vstřikování. Pro KRASTEN se doporučují vstřikovací tlaky v rozmezí 50 až až 100 MPa. U tenkostěnných výstřiků s dlouhou dráhou vtoku je možný tlak až 150 MPa. Aby byl výstřik kvalitní a bez propadlin a neměl velké pnutí, je zapotřebí dodržet

tlak ve formě v rozmezí 20 až 50 MPa. Pro vstřikování KRASTENU se doporučují vyšší rychlosti vstřikování a dotlaky v rozmezí 30% až 80% vstřikovacího tlaku.

Vstřikovací cyklus

Vstřikovací cyklus určuje trvání jednotlivých fází vstřikování, které jsou důležité z hlediska kvality i ekonomie výroby.

Jsou to:

- doba plnění / vstřiku /
- doba dotlačování / dotlaku /
- doba ochlazování bez tlaku
- doba manipulace

Vstřikovací cyklus je nutno volit co nejkratší, ale s ohledem na kvalitu výstřiku. Doba plnění u KRASTENU do objemu výstřiku 1000 cm^3 má být od 1 do 10 sekund. Doplnění taveniny do formy má trvat tak dlouho, pokud nezamrzne ústí vtoku. Doba dotlaku závisí na výši dotlaku a průřezu vtokových kanálků. Doba ochlazování bez tlaku nemá být delší, než je zapotřebí ke ztuhnutí výstřiku na takovou míru, aby se při vyhazování z formy již nedeformoval. Vedle teploty formy též závisí na konstrukci vyhazovací soustavy. Doba manipulace závisí na stupni automatizace formy a stroje. Při plně automatickém chodu vstřikovacího stroje a formy s bodovými či tunelovými vtoky lze tento čas snížit na několik sekund.

3. Návrh speciální vstřikovací formy pro výrobu modelových nosných sloupků

3.1. Konstrukční rozdělení vstřikovacích forem /4/

Forma je vedle plastikačního válce nejdůležitější částí vstřikovacího stroje. Na její konstrukční a výrobní přesnosti závisí nejen rozměrová tolerance výrobků, ale i jejich vlastnosti užité / zejména mechanické / a rovněž i ekonomie celé výroby / dosažitelný stupeň automatizace/. Vstřikovací formy rozdělujeme takto:

A/ Formy podle konstrukce vstřikovacích lisů:

- 1/ s vtokem kolmo na dělicí rovinu
- 2/ s vtokem do dělicí roviny

B/ Formy podle násobnosti:

1/ jednonásobné, podle vtokové soustavy

- a/ s plným středovým vtokem
- b/ s bodovým vtokem
- c/ s rozvětveným vtokem
- d/ s bočním vtokem
- e/ s několika bodovými vtoky
- f/ s čelním šterbinovým / filmovým / vtokem
- g/ s plným středovým vtokem, převedeným do bočního vtoku

2/ vícenásobné, podle vtokové soustavy

- a/ s několika plnými vtoky / pomocí rozváděcí hlavy /
- b/ s několika zúženými, vějířovitými nebo tunelovými vtoky
- c/ s čelními bodovými vtoky

C/ Formy podle způsobu zaformování výstřiku a konstrukčního řešení

- 1/ jednoduché dvoudílné / dvoudeskové /
- 2/ třídílné / třídeskové /
- 3/ etážové
- 4/ čelistové
- 5/ s bočními jádry ovládanými mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky
- 6/ s vyšroubovacím zařízením
- 7/ speciální

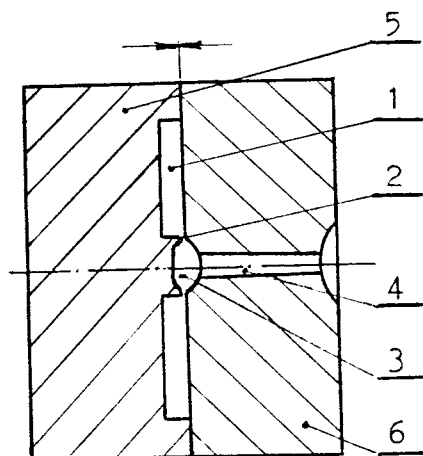
D/ Formy podle způsobu vyhazování výstřiků

- 1/ s mechanickým vyhazováním
- 2/ s kolíkovými vyhazovači
- 3/ se stíracím kroužkem nebo deskou
- 4/ s trubkovým stíračem
- 5/ s vyhazováním pomocí stlačeného vzduchu
- 6/ s kombinovaným vyhazováním

Nejjednoduššími vstřikovacími formami jsou formy dvoudeskové a třídeskové.

Forma dvoudesková / obr.1/ je vhodná pro menší serie výrobků, případně pro vstřikování málo tekutých hmot. Výstřiky jsou vyhazovány z formy obvykle společně se vtoky, které se oddělují dodatečně. Zvýšené náklady na opracování vtokových zbytků jsou u menších serií vyváženy jednoduchostí formy. Vtok od výstřiku může být oddělen mechanicky ve formě při jejím otevírání, pomocí tunelového vtoku, který umožňuje automatizaci vstřikování při jednoduché formě.

Tunelový vtok se používá u vícenásobných forem.

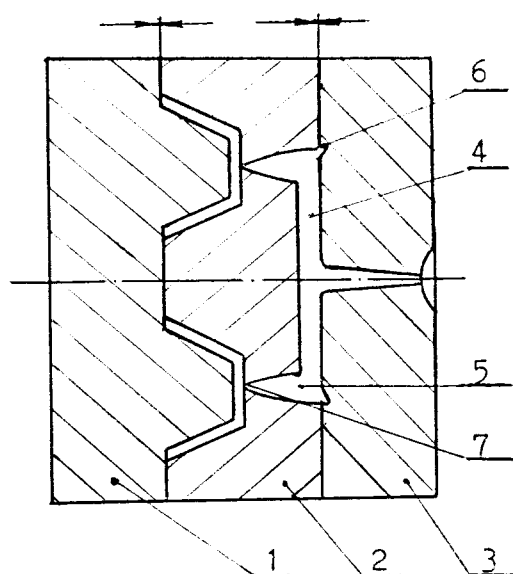


- 1 - dutina formy
- 2 - ústí vtoku
- 3 - rozváděcí kanálek
- 4 - plný vtok
- 5 - pohyblivá část formy
- 6 - pevně uložená část formy

Obr. 1. Příklad vícenásobné dvoudeskové formy

Forma třídesková / obr. 2./ se otevírá jak v dělící rovině, kde vypadává výstřík, tak i v další rovině pro vypaďnutí vtokové stopky. Výstříky vypaďnou z formy hotové, odpadá opracování a pracovní cyklus je rychlý. Formy jsou konstrukčně složitější a výrobně náročnější. Tyto formy jsou vhodné pro hromadnou výrobu. Létací desku lze ovládat:

- programovým hákem
- řetězy
- osazenými čepy
- kombinací hák - čep nebo hák - řetěz
- programovým hákem - systém H a s k o



- 1 - pohyblivá deska s tvárníky
- 2 - pohyblivá deska s tvární-
cemí - létací deska
- 3 - pevná část formy
- 4 - rozváděcí kanálek
- 5 - spojovací kanál
- 6 - zářez na rozváděcím kanále
- 7 - ústí vtoku

Obr. 2. Základní třídeskové řešení vícenásobné formy

3.2. Laboratorní vstřikovací forma na výrobu modelového tělesa typu "čtvertekruh"

Mnou navržená vstřikovací forma / výkres KPT-01-00 / má sloužit k vstřikování zkušebních vzorků. Půjde tedy o kusovcu výrobu ve speciální formě. Proto jsem navrhl výrobně jednoduchou a levnou formu, která by vyhovovala kladeným požadavkům / měnit vnitřní i vnější radiusy, tloušťku stěn i výšku rohu / a kterou lze použít na vstřikovací stroji CS 88/63. Tomuto účelu nejlépe vyhoví jednoduchá dvoudesková forma bez chlazení.

Protože jakost výstřiku je ovlivňována i způsobem zaplnění formy taveninou, zvolil jsem konstrukci formy takovou, aby k plnění dutiny formy docházelo za podobných podmínek, jako při výrobě celé přepravky. Potom výstřiky budou mít přibližně stejné mechanické vlastnosti jako rohy přepravek a zkreslení výsledků zkoušek bude minimální.

Vlastní dutinu formy jsem umístil pod osu stroje proto, aby vtoková soustava byla co nejkratší. Vtoková soustava je tvořena kuželovým vtokem rozváděcím kanálem a čelním ústím. Rozváděcí kanál a čelní ústí nám umožní vstup roztaveného plastu do dutiny formy v celém příčném průřezu a plnění dutiny v podélném směru, podobně jako při vyplňování rohu u přepravky. Čelní ústí je vyvložkováno a výměncu vložky můžeme měnit ústí na filmové nebo několikabodové.

Symetricky s osou stroje je k vlastní dutině formy umístěna vyrovnávací dutina o výšce 100 mm a o průřezu odpovídajícímu největšímu nastavitelnému průřezu výstřiku. Vyrovnávací dutina nám vždy umožní rovnoměrné plnění hlavní dutiny formy pod stejným tlakem pro všechny vzorky.

Tvárník i tvárnice vlastní dutiny formy jsou složeny ze čtyř kusů a navíc jsou vyvložkovány. Vložky tvárníku nám umožní měnit vnitřní radius rohu a vložky tvárnice umožní měnit vnější radius rohu. Vložky jsou ukotveny v tvárníku či tvárnici a jsou opřeny o opěrnou desku. Složení tvárníku i tvárnice ze čtyř kusů nám umožňuje měnit délku vstřikovaného vzorku na 100 mm nebo 150 mm. Při vstřikování vzorku o délce 150 mm dostaneme nesymetrické rozložení přidržovacího tlaku a výsledná síla působí mimo osu vstřikovacího stroje. Proto tuto nesymetričnost

eliminují dvěma bloky, které výslednou sílu posunou do osy vstřikovacího stroje. Velikost plochy bloků /obr.3./ určíme pomocí rovnice /3.1/

$$S_3 = \frac{S_1 \cdot l_1 - S_2 \cdot l_2}{l_3} \quad /3.1/$$

kde S_3 - plocha vyrovnávacího bloku v mm^2

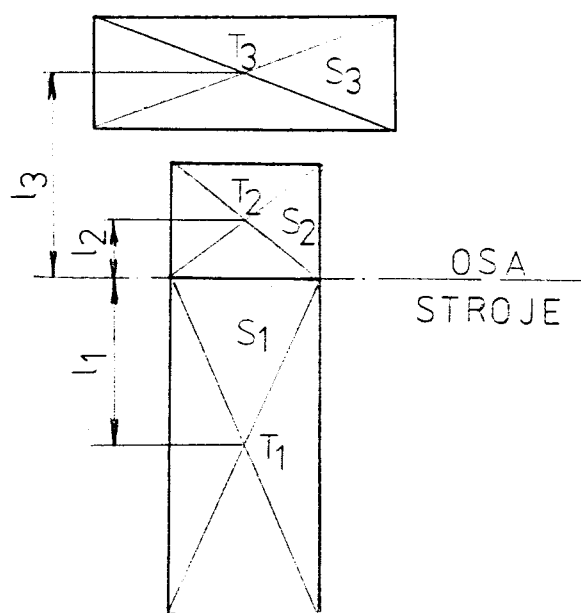
l_3 - vzdálenost těžiště plochy vyrovnávacího bloku od osy vstřikovacího stroje v mm

S_1 - velikost kontaktní plochy pohyblivé a pevné části formy pod osou vstřikovacího stroje v mm^2

l_1 - vzdálenost těžiště kontaktní plochy S_1 od osy vstřikovacího stroje v mm

S_2 - velikost kontaktní plochy pohyblivé a pevné části formy pod osou vstřikovacího stroje v mm^2

l_2 - vzdálenost těžiště kontaktní plochy S_2 od osy vstřikovacího stroje v mm



Obr. 3. Rozložení kontaktních ploch vstřikovacího stroje

Při vstřikování vzorku o délce 100 mm jsou kontaktní plochy vstřikovací formy rozloženy symetricky a vyrovnávací bloky nejsou potřeba. Zároveň kontaktní plochy jsou minimální a tedy ji zkontrolujeme na otlačení dle vztahu / 3.2 /

$$p_{sk} = \frac{F_p}{S} \quad p_{dov} \quad / 3.2 /$$

kde p_{sk} je skutečný tlak v MPa

F_p je přidržovací síla vstřikovacího stroje v N

S je kontaktní plocha pevné a pohyblivé části formy

p_{dov} je dovolená hodnoty materiálu kontaktních ploch na otlačení

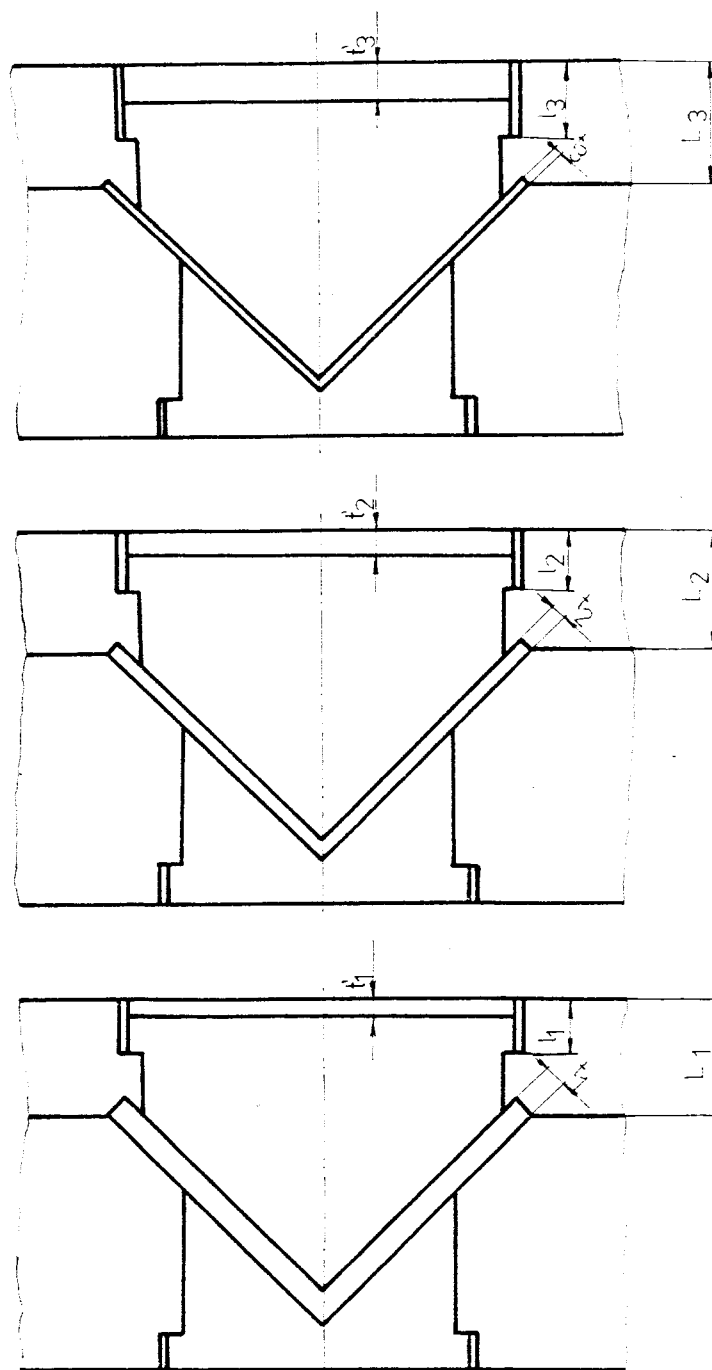
Změnu tloušťky výstřiku / 1; 2 nebo 3 mm / lze provést výměnou čtyřdílného tvárníku za jiný / odpovídající nové tloušče vzorku / a výměnou podložky mezi vložkou tvárníku a opěrnou deskou. Podložky jsou různě silné a tím nám umožňují rozdílné vyložení vložky tvárníku do dutiny tvárnice a tím i jinou tloušťku rohu / obr. 4. /

Kombinacemi použitých vložek tvárníku , vložek tvárnice, složeného tvárníku a podložek mezi vložkami tvárníku a opěrnou deskou můžeme získat velkou řadu tvaru rohů. Při návrhu vložek jsem se omezil na vložky tvárníku s ostrým rohem a radiusy: R3, R13, R22, R23, R24 a na vložky tvárnice s ostrým rohem a radiusy: R5, R15 a R25. Možné kombinace rohů jsou na obr. 5.

Při použití vložky tvárníku s rádiusem R3 a vložky tvárnice s rádiusem R5, anebo při použití vložky tvárníku s rádiusem R13 a vložky tvárnice s rádiusem R15 u tloušťky 1 mm vznikne zeslabení rohu a u tloušťky 3 mm rozšíření rohu / obr. 6. /

Na pohyblivé části formy / tvárnice / jsou vybroušeny dva podkoso, které po otevření formy drží výstřik i s celým vtokovým zbytkem. Jeden podkos je proti kuželovému vtoku a druhý 10 mm pod vtokovým ústím ve vlastní dutině. Takto umístěné podkoso při chladnutí hmoty ve formě nebrání jejímu smršťování a tedy ani nevznáší vnitřní pnutí z brzděného smršťování. Vyhození výstřiku s vtokovým zbytkem z podkosů je provedeno dvěma válcovými vyhazovači pomocí pevného dorazu.

Protože na vstřikovacím stroji CS 88/63 lze použít formu s minimální výškou 140 mm, musela se výška formy zvětšit pomocí čtyř rozpěrek a pohyblivé upínací desky, která se upne do pohyblivé frémy stroje. Středění a vedení pohyblivé a pevné části formy je provedeno dvěma vodícími sloupky s pouzdry. Středění skládaného tvárníku a skládané tvárnice na opěrné desky a nastředění pohyblivé upínací desky na pohyblivou část formy / tvárnice / je provedeno dvěma válcovými kolíky. Nastředění formy na frémy je pomocí středících kroužků. Upnutí formy na frémy je provedeno pomocí šroubů M 16 a upínek za opěrnou desku tvárníku a za pohyblivou upínací desku formy / tvárnice /.



Obr. 4. Změna tloušťky rohu výměnou tvárníku a podložky pod vložkou tvárníku

III. PRAKTICKÁ ČÁST

1. Stanovení vnitřního stavu mikrotěles z polystyrenu KRAS- TEN 127

Jakékoliv vnitřní pnutí je pro kvalitu výstřiků na závažu. Proto je snaha zjistit velikost vnitřního napětí ve výstřicích a při nepříznivých hodnotách je omezit. K posouzení vnitřního pnutí se používají různé citlivé metody. Pro posouzení vnitřního stavu jsem zvolil tyto metody:

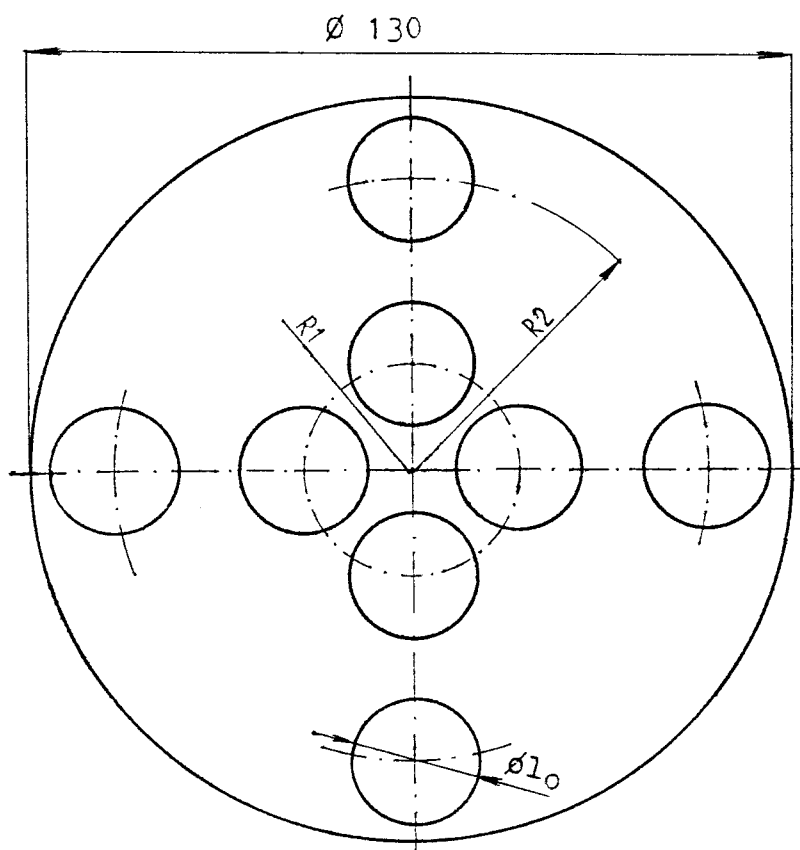
- a/ Metodu dosmršťování výstřiků za vyšších teplot. Tato metoda vychází z poznatku, že pevnost termoplastu klesá se zvyšující se teplotou. Aby došlo ke smrštění, musí se amorfni termoplast zahřát na teplotu " T_g ". Mírou vnitřního stavu je smrštění za této zvolené teploty.
- b/ Metoda přímého měření sil vznikajících ve výstřiku při zvětšování jeho tloušťky za vyšších teplot. Metoda vychází z principu relaxačních vah. Při této metodě se vzorek vloží mezi ploché kotouče. Spodní je pevný, horní je spojen se siloměrným zařízením. Takto uložený vzorek se umístí do temperační komory. Síla, která vzniká zvětšující se tloušťkou se změří siloměrem a přepočítá se na hodnotu vnitřního napětí.
- c/ Metoda doplňková - měřením krátkodobého modulu pružnosti. Modul pružnosti lze stanovit ze zkoušky tahem, tlakem nebo ohybem, jako podíl napětí a poměrného prodloužení či stlačení v oblasti lineární závislosti mezi zatížením a poměrným prodloužením nebo stlačením.

1.1. Metoda dosmršťování výstřiků za vyšších teplot a metoda
přímého měření sil vznikajících ve výstřiku při zvětšo-
vání jeho tloušťky za vyšších teplot

1.1.1. Zkušební tělesa

Pro tato měření byl zvolen výstřik typu kotouč proto, že velice dobře charakterizuje výstřiky s volným smrštěním ve formě a proto, že umožňuje výrobu zkušebního tělesa v podmínkách KPT - VŠST.

Pro každou technologickou podmínku bylo z kotouče / $\varnothing D = 130$ mm / odebráno korunovým vrtákem osm kruhových mikrotěles / $l_0 = 20$ mm / na dvou vzdálenostech od středu / $R_1 = 18$ mm; $R_2 = 47$ mm /, viz obr. 7.



Obr. 7. Místa odběru mikrotěles z kotouče

Tabulka 1. Použité technologické podmínky a označení jim odpovídajících mikrotěles

Teplota [°C]	Tlak [MPa]	Dotlak [MPa]	O z n a č e n í v z o r k ů	
			tloušťky 4 mm	tloušťky 2 mm
200	9	4,5	2	15
		9	6	16
	12	6	4	9
		12	5	13
260	3	1,5	3	14
		3	1	11
	6	3	7	12
		6	8	10

1.1.2. Dosmršťování mikrotěles za vyšších teplot

Pro určení celkové míry vnitřního pnutí jsem vzorky temperoval na 130°C a pro určení míry tepelného vnitřního pnutí jsem temperoval vzorky na 95°C. Temperaci jsem prováděl v sušárně VW 30 po dobu 60 minut.

1.1.3. Přímé měření sil vznikajících při zvětšování tloušťky výstřiku za vyšších teplot

Konstrukce měřicího zařízení pro přímé měření tlakových sil vyvinutého na KFT VŠST vychází z toho, že temperaci se vzorek ve směru kolmém na směr orientace zvětšuje.

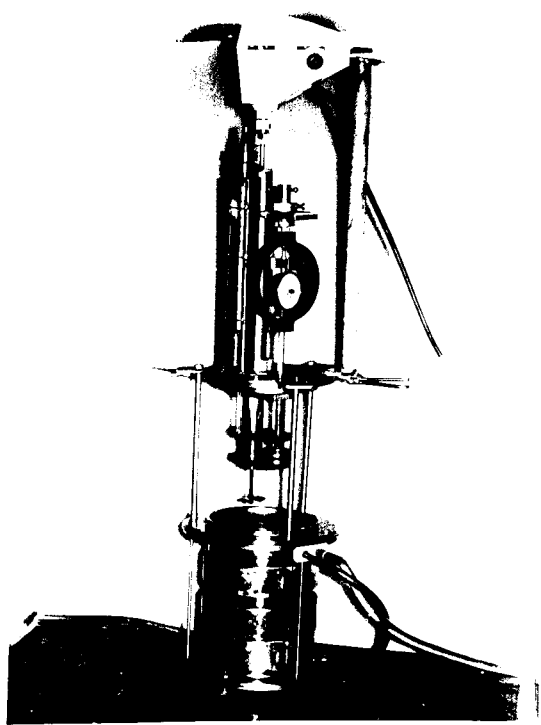
Funkce relaxačního siloměru

Relaxační siloměr /obr.8./ je tvořen temperační nádobou,

stejnou jako u siloměru pro přímé měření tahových sil a víkem se siloměrným zařízením.

Vzorek se vloží mezi ploché kotouče, z nichž spodní je pevný a horní je pohyblivý. Po upnutí vzorku se siloměrná část vloží na temperační komoru tak, aby kotouče se vzorkem byly ponořeny v temperační lázni. Dojde-li k překročení teploty " T_g ", začne se tloušťka vzorku zvětšovat a pohyblivý kotouč působí na siloměr. Číselníkový úchylkoměr se setinovým dělením ukáže úchylku a pomocí cejchovní křivky lze odečíst příslušnou sílu.

Na základě zkušeností z měření sil vznikajících ve výstřiku při jeho smršťování za vyšších teplot jsem velikost průhybu odečítal po třech minutách temperace v lázni při 95°C a po třech minutách po vyjmutí siloměrné části z temperační lázně.

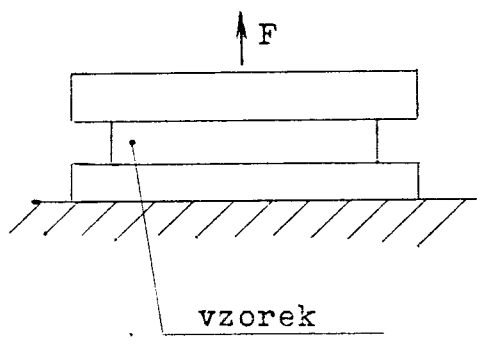


Obr. 8. Relaxační siloměr

1.1.4. Hodnocení siloměrného měření a dosmrštění

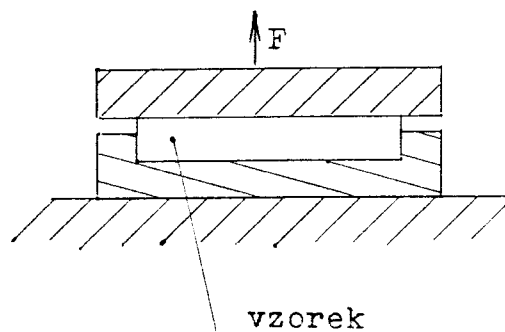
Měření na siloměrném přístroji jsem prováděl dvěma způsoby / při ohřevu na 95°C /:

- vzorek volně vložený mezi kotouče / obr.9./
- vzorek s usměrněným dosmrštěním pomocí misky /obr.10./



Obr. 9.

Vzorek volně vložený mezi kotouče

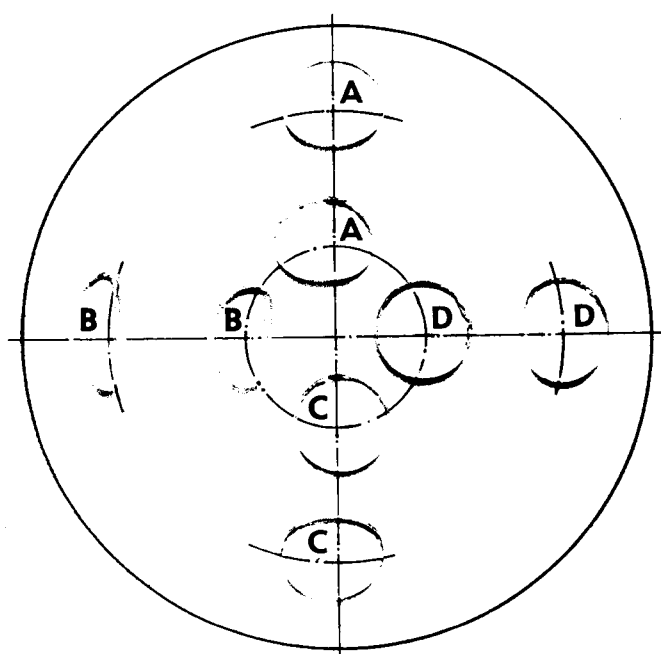


Obr. 10.

Vzorek s usměrněným dosmrštěním pomocí misky

Pro obě siloměrná měření a pro teploty na 130°C i 95°C bylo použito po dvou vzorcích / z každé vzdálenosti od vtoku jeden / od každé podmínky. Přiřazení vzorků k druhu zkoušky a rozdílné změny rozměrů od každé zkoušky jsou patrné z obr. 11., kde jsou veškeré vzorky po zkouškách pro podmínku č. 16.

Při každém ohřevu v sušárně byly kruhové vzorky o tloušťce 4 mm volné, vzorky o tloušťce 2 mm zatíženy tlakem $1,25 \cdot 10^{-3}$ MPa.



V z o r k y

- A - po temperaturaci na 95°C
- B - po temperaturaci na 130°C
- C - po měření na siloměrném přístroji mezi plochými kotouči
- D - s usměrněným smrštěním na siloměrném přístroji

Obr. 11. Přiřazení mikrotěles pro jednotlivé zkoušky

Před vlastním zkoušením jsem u každého vzorku změřil mikrometrem rozměr l_o / průměr ze dvou naměřených hodnot / a h_o / průměr z pěti naměřených hodnot /.

Po temperacích jsem opět stejně změřil rozměry l_k a h_k . Vzorky po siloměrném měření jsem dodatečně ohřál na 95°C po dobu 60 min. a opět změřil rozměry l_k a h_k . V tabulce 2 jsou potom pro každou vzdálenost od vtoku u každé podmínky zapsány absolutní změny rozměru ΔL_k a ΔH_k poměrné změny rozměru Δl_k a Δh_k a vypočtená napětí σ_j , kde:

$$\Delta L_k = l_o - l_k \quad [mm] \quad / 1.1 /$$

$$\Delta H_k = h_k - h_o \quad [mm] \quad / 1.2 /$$

$$\Delta l_k = \frac{l_o - l_k}{l_o} \cdot 100 \quad [\%] \quad / 1.3 /$$

$$\Delta h_k = \frac{h_k - h_o}{h_o} \cdot 100 \quad [\%] \quad / 1.4 /$$

$$\sigma_j = \frac{F_j}{S} \quad [\text{NPa}] \quad / 1.5 /$$

F je síla změřená na siloměrném přístroji

S je plocha mikrotělesa

Pro index " K " platí:

K = 1 .. změna rozměru při teplotě 130°C v sušárně

K = 2 .. změna rozměru při teplotě 95°C v sušárně

K = 3 .. změna rozměru při měření síly v lázni o teplotě 95°C

K = 4 .. změna rozměru při teplotě 95°C v sušárně po měření síly

$\Delta L_3, \Delta H_3, \Delta l_3, \Delta h_3$ jsou změny rozměrů a σ_1, σ_2 velikost vypočteného vnitřního napětí pro vzorek vložený volně mezi ploché kotouče siloměru, $\Delta L'_3, \Delta H'_3, \Delta l'_3, \Delta h'_3$ jsou změny rozměrů σ'_1, σ'_2 velikost vypočteného vnitřního napětí pro vzorek s usměrněným smrštěním.

Pro index " j " platí:

j = 1 .. síla měřená po 3 min. temperace v lázni na 95°C

j = 2 .. síla měřená po 3 min. po vyjmutí z lázně

Tabulka 2 Velikost vnitřního pnutí a dosmrštění

podmínka	1		2		3		4	
měřená veličina	vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2	
ΔL_1 [mm]	1,260	0,260	2,190	1,043	1,365	0,090	1,540	0,983
ΔH_1 [mm]	0,936	0,273	1,357	0,680	1,182	0,203	1,110	1,167
Δl_1 [%]	6,120	1,260	10,670	5,200	6,690	0,280	6,780	4,860
Δh_1 [%]	24,220	7,110	33,550	17,130	30,400	5,210	21,100	29,290
ΔL_2 [mm]	0,175	0,010	0,140	-0,015	-0,105	0,055	0,105	0,088
ΔH_2 [mm]	0,090	0,038	0,070	0,017	0,302	0,007	0,068	0,028
Δl_2 [%]	0,85	0,05	0,68	0,08	0,51	0,28	0,50	0,44
Δh_2 [%]	2,32	0,99	1,75	0,43	8,01	0,18	1,68	0,70
ΔL_3 [mm]	0,135	-1,010	0,523	-0,100	0,760	-0,160	0,120	-0,105
ΔH_3 [mm]	0,165	-0,171	0,207	0,078	0,504	0,048	0,078	-0,034
Δl_3 [%]	0,65	4,90	2,54	0,50	3,71	0,77	0,58	0,52
Δh_3 [%]	4,27	4,49	5,12	1,98	3,02	1,25	1,89	0,86
ΔL_3 [mm]	0,090	-0,230	0,005	-0,095	0,235	-0,090	0,005	-0,135
ΔH_3 [mm]	0,178	-0,030	-0,008	-0,067	0,370	0,007	0,069	-0,026
Δl_3 [%]	0,44	1,14	0,02	0,48	1,15	0,44	0,02	0,67
Δh_3 [%]	4,60	0,78	0,20	1,68	9,56	0,18	1,70	0,65
ΔL_4 [mm]	0,200	-0,900	0,463	-0,095	0,465	-0,110	0,120	-0,075
ΔH_4 [mm]	0,185	-0,179	0,203	-0,750	0,516	0,042	0,084	-0,032
Δl_4 [%]	0,97	4,36	2,25	0,48	2,27	0,53	0,58	0,37
Δh_4 [%]	4,79	4,70	5,02	19,01	13,33	1,10	2,04	0,81
σ_1 [MPa]	0,026	0,021	0,032	0,023	0,034	0,023	0,030	0,027
σ_2 [MPa]	0,026	0,020	0,027	0,026	0,032	0,025	0,026	0,025
σ'_1 [MPa]	0,027	0,026	0,026	0,027	0,028	0,026	0,026	0,026
σ'_2 [MPa]	0,026	0,025	0,026	0,025	0,028	0,026	0,024	0,025

Tabulka 2 - pokračování

podmínka	5		6		7		8	
měřená veličina	vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2	
ΔL_1 [mm]	2,030	0,935	2,090	1,115	1,850	0,240	1,425	0,360
ΔH_1 [mm]	0,936	1,158	1,474	0,814	1,124	0,274	0,934	0,230
Δl_1 [%]	9,87	4,64	10,16	5,55	8,84	1,19	6,66	1,80
Δh_1 [%]	36,78	28,37	36,20	20,62	28,34	6,90	23,19	5,78
ΔL_2 [mm]	0,215	0,000	0,200	0,130	0,075	0,075	0,175	0,070
ΔH_2 [mm]	0,094	0,022	0,075	0,046	0,060	0,028	0,082	0,050
Δl_2 [%]	1,05	0,00	0,98	0,65	0,36	0,37	0,83	0,35
Δh_2 [%]	2,21	0,53	1,84	1,15	1,51	0,71	2,04	1,27
ΔL_3 [mm]	-0,020	-0,140	0,050	-0,075	0,095	-0,100	0,545	-0,320
ΔH_3 [mm]	-0,008	-0,036	0,050	-0,018	0,110	-0,030	0,018	-0,160
Δl_3 [%]	0,01	0,70	0,25	0,38	0,45	0,50	2,54	1,60
Δh_3 [%]	0,19	0,88	1,22	0,45	2,78	0,77	0,45	4,05
ΔL_3 [mm]	0,120	-0,230	0,181	0,235	0,040	-0,175	-0,450	-0,270
ΔH_3 [mm]	0,184	-0,232	0,375	0,812	0,082	-0,040	0,026	-0,064
Δl_3 [%]	0,59	1,14	4,44	1,17	0,19	0,87	2,15	1,35
Δh_3 [%]	4,33	5,44	1,81	25,58	2,08	1,22	0,65	1,62
ΔL_4 [mm]	0,000	-0,215	0,245	-0,045	0,115	-0,125	-0,445	-0,300
ΔH_4 [mm]	-0,004	-0,040	0,056	-0,004	0,102	-0,820	0,024	-0,064
Δl_4 [%]	0,00	1,07	1,20	0,23	0,55	0,62	2,12	1,50
Δh_4 [%]	0,09	0,98	1,37	0,10	2,58	21,93	0,60	1,62
σ_1 [MPa]	0,030	0,027	0,025	0,026	0,024	0,023	0,021	0,024
σ_2 [MPa]	0,028	0,025	0,025	0,023	0,028	0,027	0,023	0,023
σ'_1 [MPa]	0,027	0,025	0,030	0,026	0,024	0,025	0,023	0,024
σ'_2 [MPa]	0,025	0,023	0,026	0,025	0,023	0,025	0,022	0,024

Tabulka 2 - pokračování

podmínka	9		10		11		12	
měřená veličina	vzdálenost		vzdálenost		vzdálenost		vzdálenost	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
ΔL_1 [mm]	3,525	2,645	2,760	4,215	3,380	4,280	2,175	1,115
ΔH_1 [mm]	1,544	1,278	1,004	0,340	0,612	0,552	0,866	0,348
Δl_1 [%]	17,39	12,66	13,56	20,17	16,24	20,67	10,74	5,35
Δh_1 [%]	72,83	69,53	48,41	17,26	31,51	29,08	43,30	18,18
ΔL_2 [mm]	0,925	0,275	0,775	0,290	0,750	0,390	0,410	0,240
ΔH_2 [mm]	0,210	0,114	0,170	0,078	0,144	0,112	0,052	0,048
Δl_2 [%]	4,59	1,32	3,79	1,39	3,60	1,88	2,00	1,15
Δh_2 [%]	10,49	5,85	8,22	4,00	7,46	6,05	2,58	2,53
ΔL_3 [mm]	0,370	0,350	0,065	0,550	0,180	0,090	0,025	0,075
ΔH_3 [mm]	0,078	0,040	0,020	-0,006	0,016	0,010	0,006	-0,014
Δl_3 [%]	1,85	1,67	0,32	2,63	0,87	0,44	0,12	0,36
Δh_3 [%]	3,67	2,00	0,97	0,31	0,83	0,53	0,30	0,73
ΔL_3 [mm]	1,170	0,400	0,145	0,065	0,270	0,100	0,090	0,030
ΔH_3 [mm]	0,252	0,168	0,050	0,012	0,184	0,068	0,018	0,010
Δl_3 [%]	5,78	1,92	0,71	0,31	1,30	0,48	0,44	0,14
Δh_3 [%]	12,61	8,49	2,41	0,62	9,45	3,62	0,90	0,52
ΔL_4 [mm]	0,420	0,375	0,110	0,055	0,150	0,095	0,080	0,050
ΔH_4 [mm]	0,072	0,050	0,030	0,006	0,024	0,012	0,014	-0,006
Δl_4 [%]	2,10	1,79	0,54	0,26	0,72	0,46	0,40	0,24
Δh_4 [%]	3,39	2,50	1,45	0,31	1,24	0,64	0,70	0,31
σ_1 [MPa]	0,026	0,024	0,025	0,025	0,024	0,024	0,025	0,023
σ_2 [MPa]	0,026	0,024	0,024	0,022	0,024	0,024	0,024	0,023
σ'_1 [MPa]	0,027	0,019	0,022	0,024	0,026	0,024	0,025	0,023
σ'_2 [MPa]	0,028	0,019	0,024	0,022	0,027	0,024	0,024	0,023

Tabulka 2 - pokračování

podmínka	13		14		15		16	
měřená veličina	vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2		vzdálenost R1 R2	
ΔL_1 [mm]	4,065	2,720	3,095	1,585	4,250	2,975	3,140	2,965
ΔH_1 [mm]	1,544	1,190	0,930	0,540	1,770	1,958	1,438	1,712
Δl_1 [%]	19,57	13,03	15,44	7,60	20,84	14,25	15,66	14,19
Δh_1 [%]	67,16	58,68	48,69	28,91	83,97	97,51	67,20	85,86
ΔL_2 [mm]	0,200	0,350	0,625	0,410	1,330	1,035	1,215	0,895
ΔH_2 [mm]	0,154	0,142	0,136	0,124	0,262	0,260	0,266	0,244
Δl_2 [%]	0,96	1,68	3,11	1,96	6,45	4,97	5,94	4,29
Δh_2 [%]	7,06	6,91	7,17	6,68	12,35	13,14	12,59	12,29
ΔL_3 [mm]	0,255	0,065	-0,035	-0,010	0,200	0,225	0,030	1,325
ΔH_3 [mm]	0,030	0,006	0,014	0,004	0,074	0,028	0,003	0,342
Δl_3 [%]	1,22	0,31	0,17	0,05	0,97	1,08	0,15	6,35
Δh_3 [%]	1,38	0,29	0,74	0,22	3,51	1,41	0,14	17,17
ΔL_3 [mm]	0,360	0,480	-0,945	0,130	0,220	0,805	0,045	1,295
ΔH_3 [mm]	0,163	0,098	0,024	0,024	0,051	0,120	0,000	-0,005
Δl_3 [%]	1,73	2,30	4,73	0,62	1,08	3,85	0,22	6,20
Δh_3 [%]	7,50	4,83	1,26	1,29	2,44	5,94	0,00	0,25
ΔL_4 [mm]	0,215	0,050	0,040	0,045	0,430	0,060	0,050	1,325
ΔH_4 [mm]	0,030	0,020	0,020	-0,004	0,078	0,048	0,005	0,364
Δl_4 [%]	1,03	0,24	0,20	2,16	2,10	0,29	0,25	6,35
Δh_4 [%]	1,38	0,97	1,05	0,22	3,70	2,43	0,24	18,27
σ_1 [MPa]	0,022	0,023	0,023	0,023	0,022	0,022	0,026	0,027
σ_2 [MPa]	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023	0,022	0,025	0,027
σ'_1 [MPa]	0,024	0,029	0,021	0,025	0,022	0,026	0,032	0,028
σ'_2 [MPa]	0,036	0,036	0,022	0,023	0,024	0,037	0,026	0,028

1.1.5. Výsledky měření

Při vahodnocování závislosti vnitřního napětí na dosmrštění jsem vyšel z požadavku, určit velikost vnitřního napětí z dosmrštění bez použití siloměru. Po ověření korelačního koeficientu jsem použil pro vyhodnocení závislosti $\sigma_j - \Delta l_2$ a $\sigma_j - \Delta h_2$ lineární korelaci. Naměřené hodnoty jsem proložil regresní přímkou a dostal jsem optimální závislost dosmrštění na vnitřním napětí.

Regresní přímka je vyjádřena obecnou rovnicí [5]:

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} ; b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{n} = \bar{y} - a\bar{x}$$

n - počet naměřených dvojic

x_i, y_i - naměřené hodnoty

Toleranční meze odhadnuté přímky:

$$y = ax + b \pm \frac{1}{\sqrt{n}} S_{yx}$$

$$S_{yx}^2 = \frac{1}{n - 2} (\sum y_i^2 - b \sum y_i - a \sum x_i y_i)$$

Závislost vnitřního napětí ve směru tloušťky na technologických podmínkách vstřikování je na obr. 12. až 15. pro tloušťku vzorku 4 mm a na obr. 16. až 19. pro tloušťku vzorku 2 mm.

Pro výpočet korelace jsem dosazoval za hodnotu x_i dosmrštění $h_{2,i}$ a $l_{2,i}$ za hodnotu y_i střední napětí $\bar{\sigma}_{1,i}$ a $\bar{\sigma}_{2,i}$

$$\text{kde } \bar{\sigma}_{1,i} = \frac{\sigma_{1,i} + \sigma'_{1,i}}{2} \qquad \bar{\sigma}_{2,i} = \frac{\sigma_{2,i} + \sigma'_{2,i}}{2}$$

Výpočtem jsem určil tyto závislosti vnitřního napětí ve směru tloušťky na technologických podmínkách vstřikování:

Pro tloušťku 4 mm:

ve vzdálenosti R1 od vtoku:

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_1 &= 0,027 - 0,012 \cdot l_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.6 / \\ \bar{\sigma}_2 &= 0,027 - 0,189 \cdot l_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.7 / \\ \bar{\sigma}_1 &= 0,025 + 0,073 \cdot h_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.8 / \\ \bar{\sigma}_2 &= 0,024 + 0,075 \cdot h_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.9 / \end{aligned}$$

ve vzdálenosti R2 od vtoku:

$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_1 &= 0,025 + 0,148 \cdot l_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.10 / \\ \bar{\sigma}_2 &= 0,024 + 0,104 \cdot l_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.11 / \\ \bar{\sigma}_1 &= 0,025 - 0,047 \cdot h_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.12 / \\ \bar{\sigma}_2 &= 0,026 - 0,213 \cdot h_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.13 / \end{aligned}$$

Pro tloušťku 2 mm:

ve vzdálenosti R1 od vtoku:

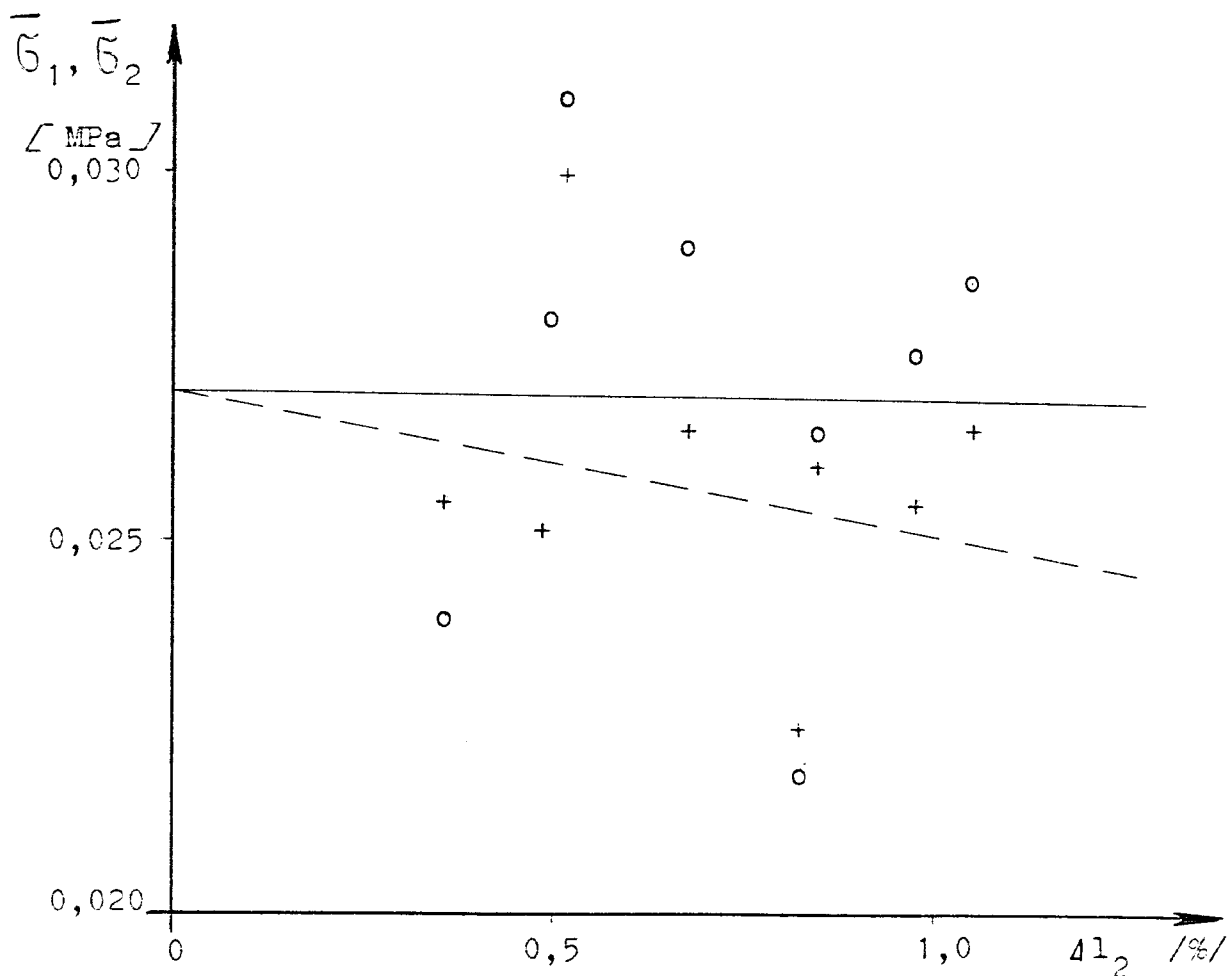
$$\begin{aligned} \bar{\sigma}_1 &= 0,023 + 0,040 \cdot l_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.14 / \\ \bar{\sigma}_2 &= 0,027 - 0,050 \cdot l_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.15 / \\ \bar{\sigma}_1 &= 0,023 + 0,020 \cdot h_2 \pm 0,037 & [\text{MPa}] & / 1.16 / \\ \bar{\sigma}_2 &= 0,025 + 0,028 \cdot h_2 \pm 0,036 & [\text{MPa}] & / 1.17 / \end{aligned}$$

ve vzdálenosti R2 od vtoku:

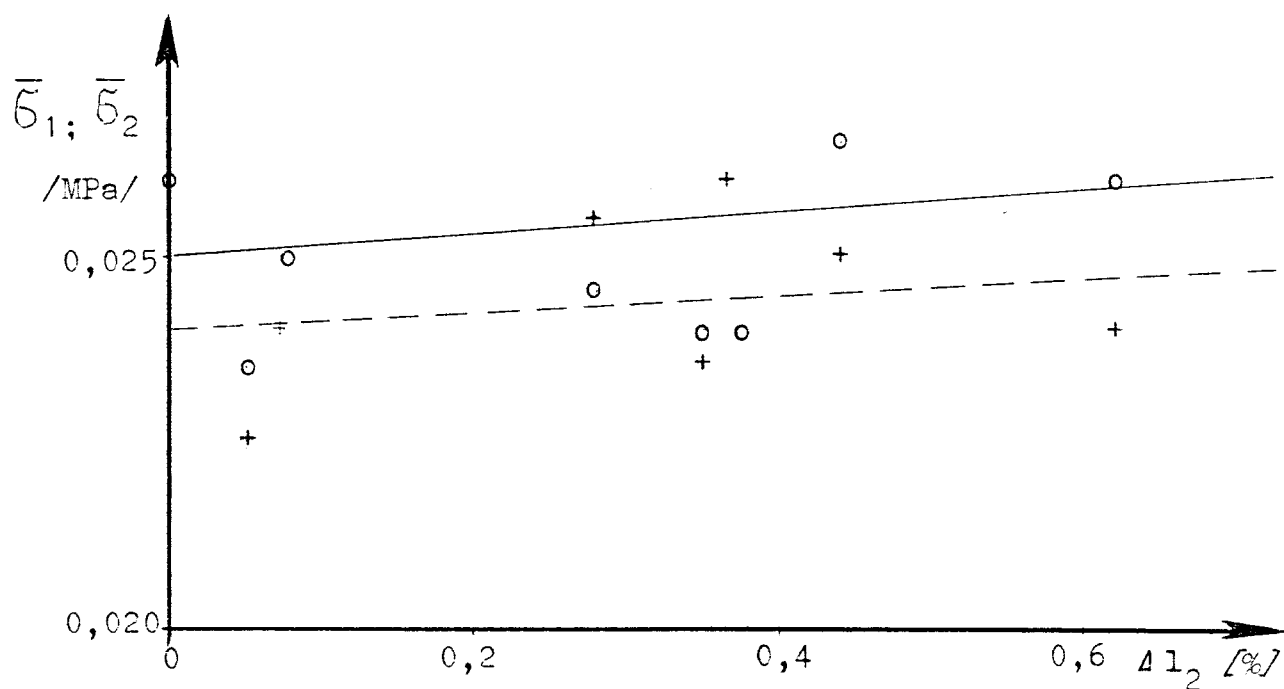
$$\begin{aligned}\bar{\sigma}_1 &= 0,023 + 0,059 \cdot \Delta l_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.18 / \\ \bar{\sigma}_2 &= 0,025 + 0,016 \cdot \Delta l_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.19 / \\ \bar{\sigma}_1 &= 0,023 + 0,025 \cdot \Delta h_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.20 / \\ \bar{\sigma}_2 &= 0,020 + 0,066 \cdot \Delta h_2 \pm 0,001 & [\text{MPa}] & / 1.21 /\end{aligned}$$

Legend a /obr.12 až 19/:

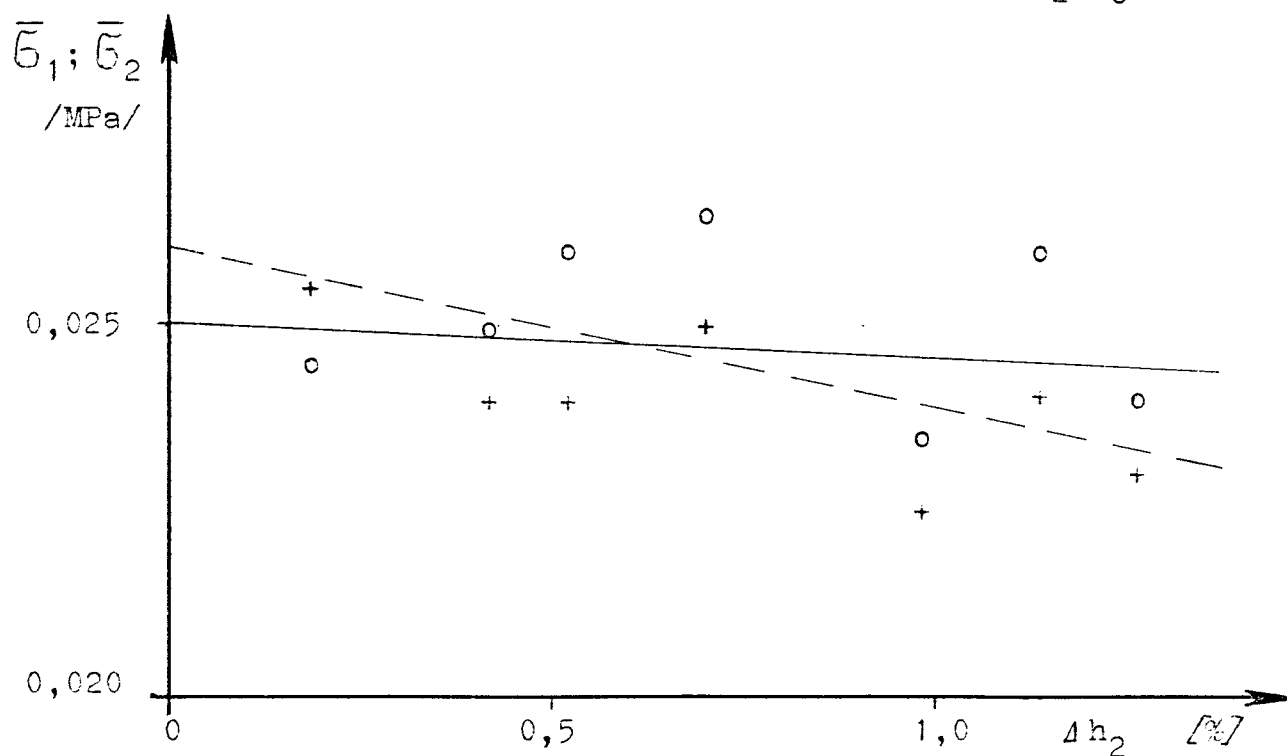
$\bar{\sigma}_1$		o	————
$\bar{\sigma}_2$		+	-----



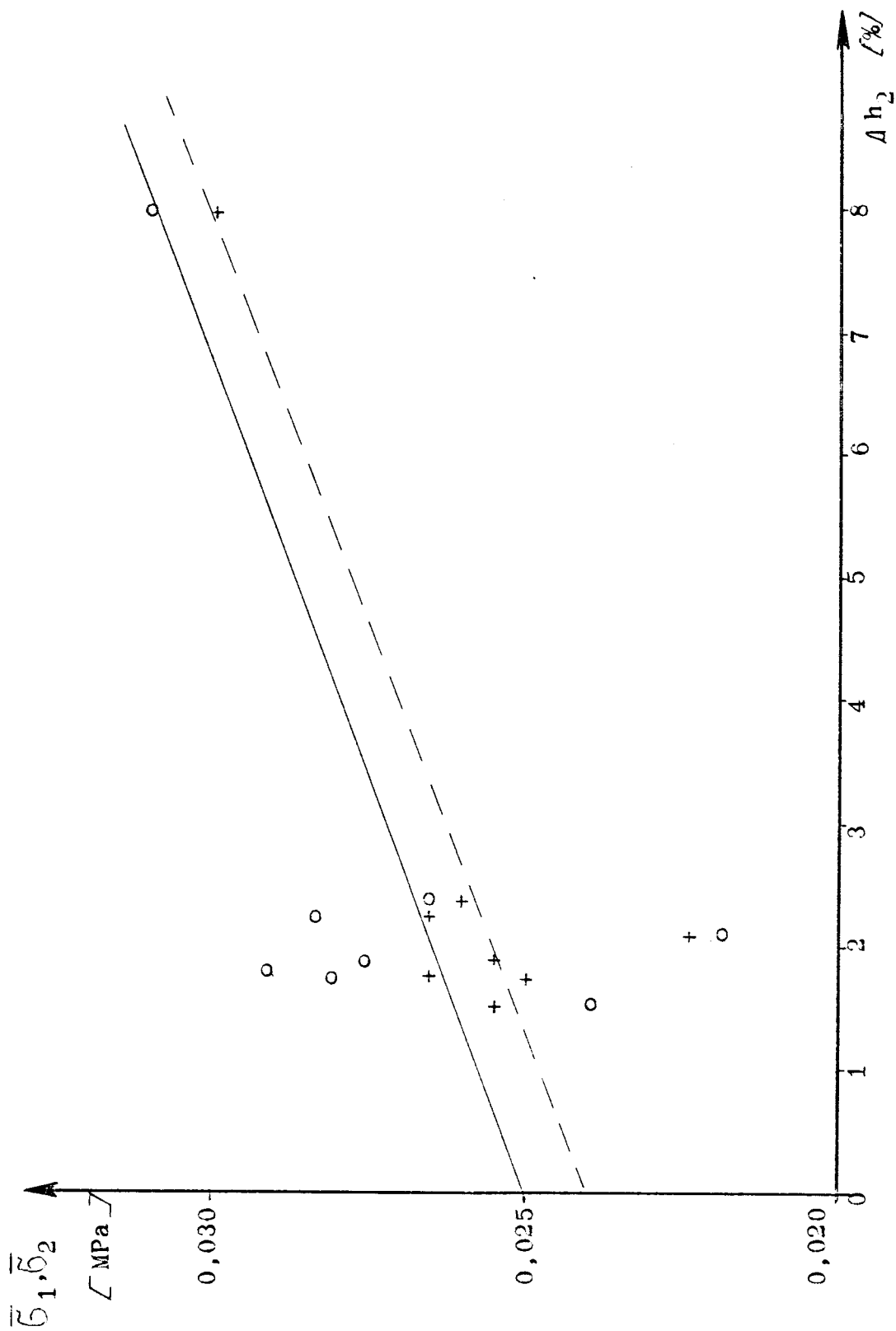
Obr. 12. Závislost vnitřního napětí na dosmrštění $\Delta l_2 \cdot h_0 = 4\text{mm}$; R1



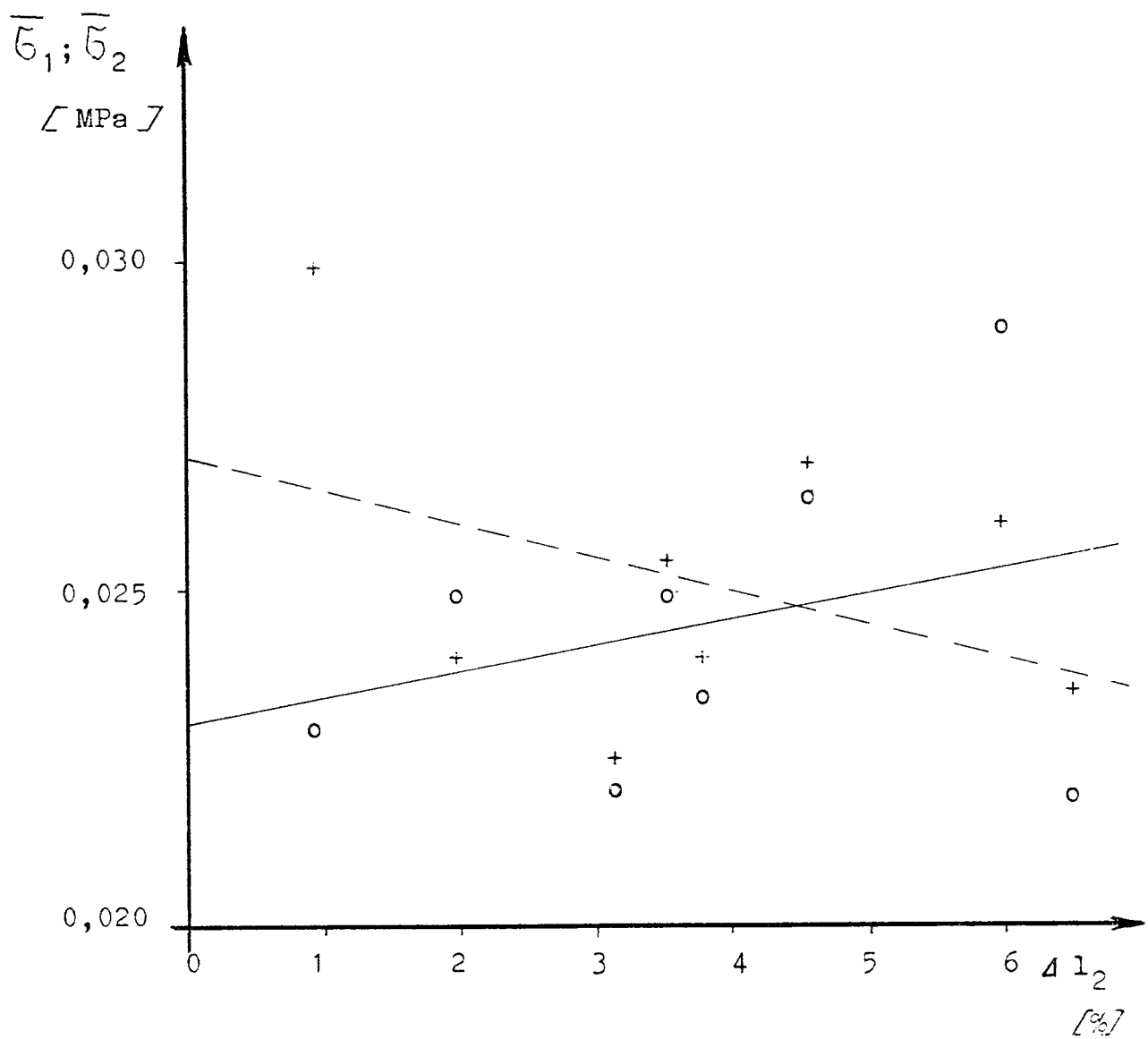
Obr. 13. Závislost vnitřního napětí na dosmrštění $\Delta l_2 \cdot h_0 = 4\text{mm}; R2$



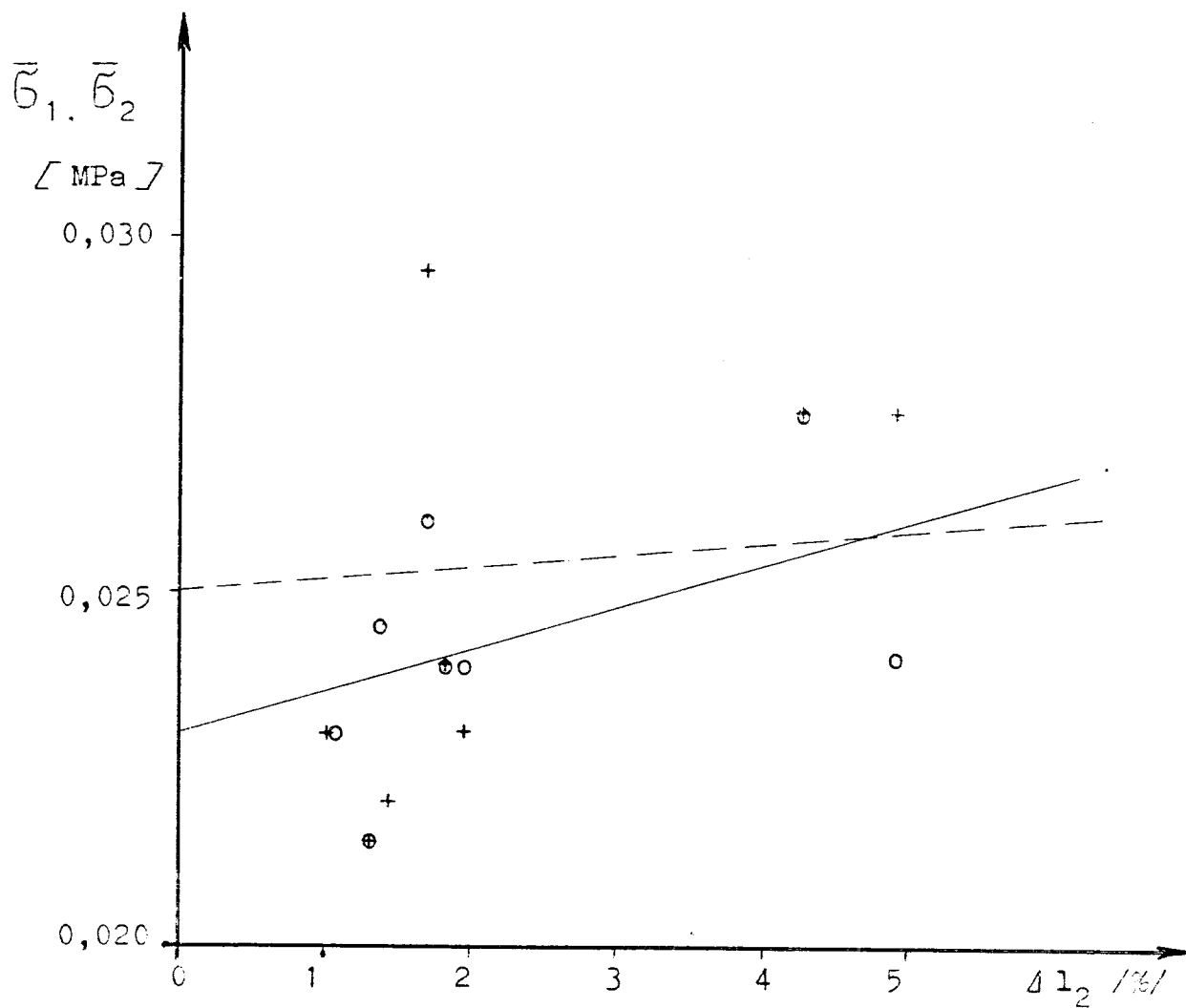
Obr. 14. Závislost vnitřního napětí na dosmrštění $\Delta h_2 \cdot h_0 = 4\text{mm}; R2$



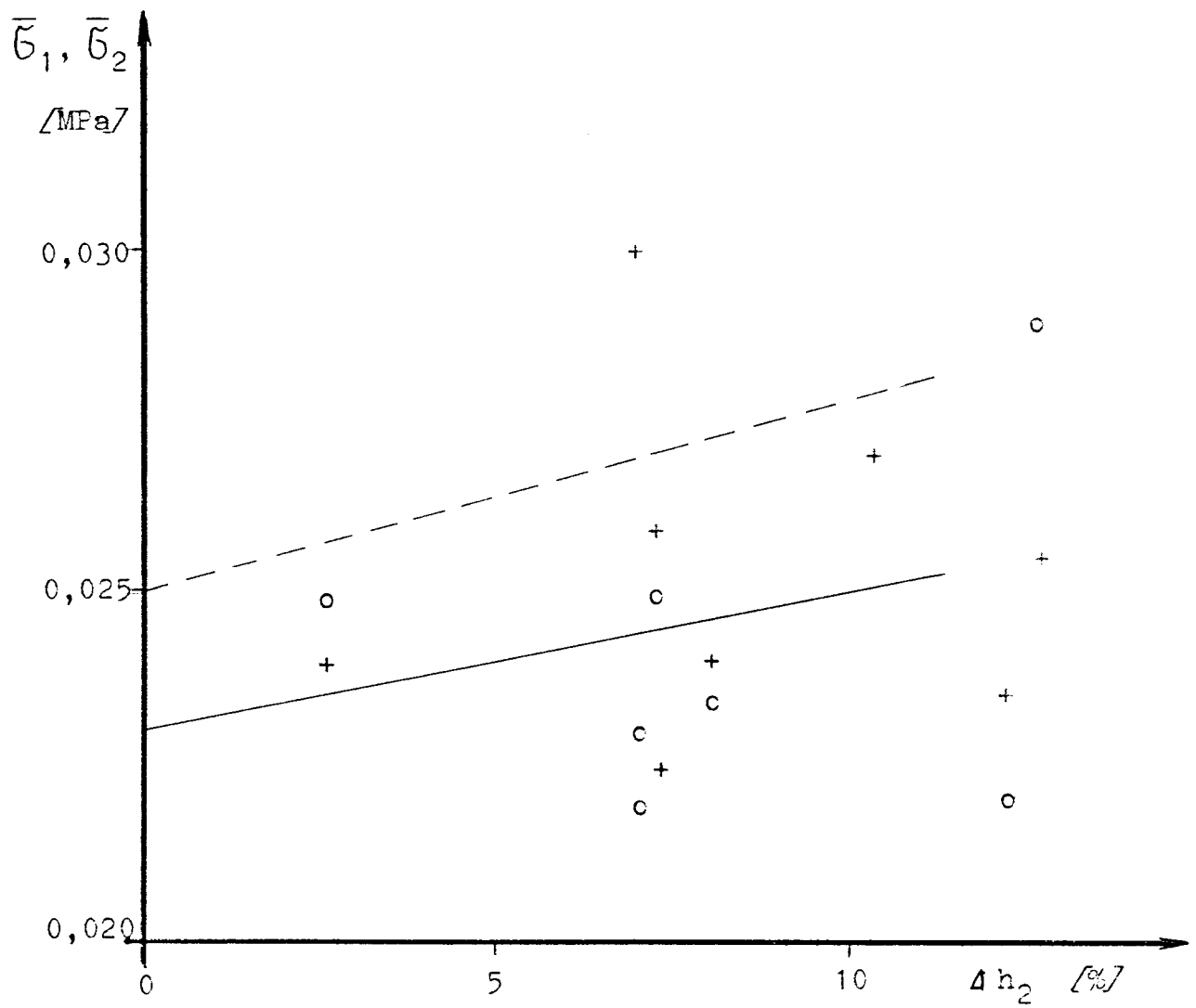
Obr. 15. Závislost vnitř. napětí na dosmrštění $\Delta h_2 \cdot h_0 = 4 \text{ mm}$; R1



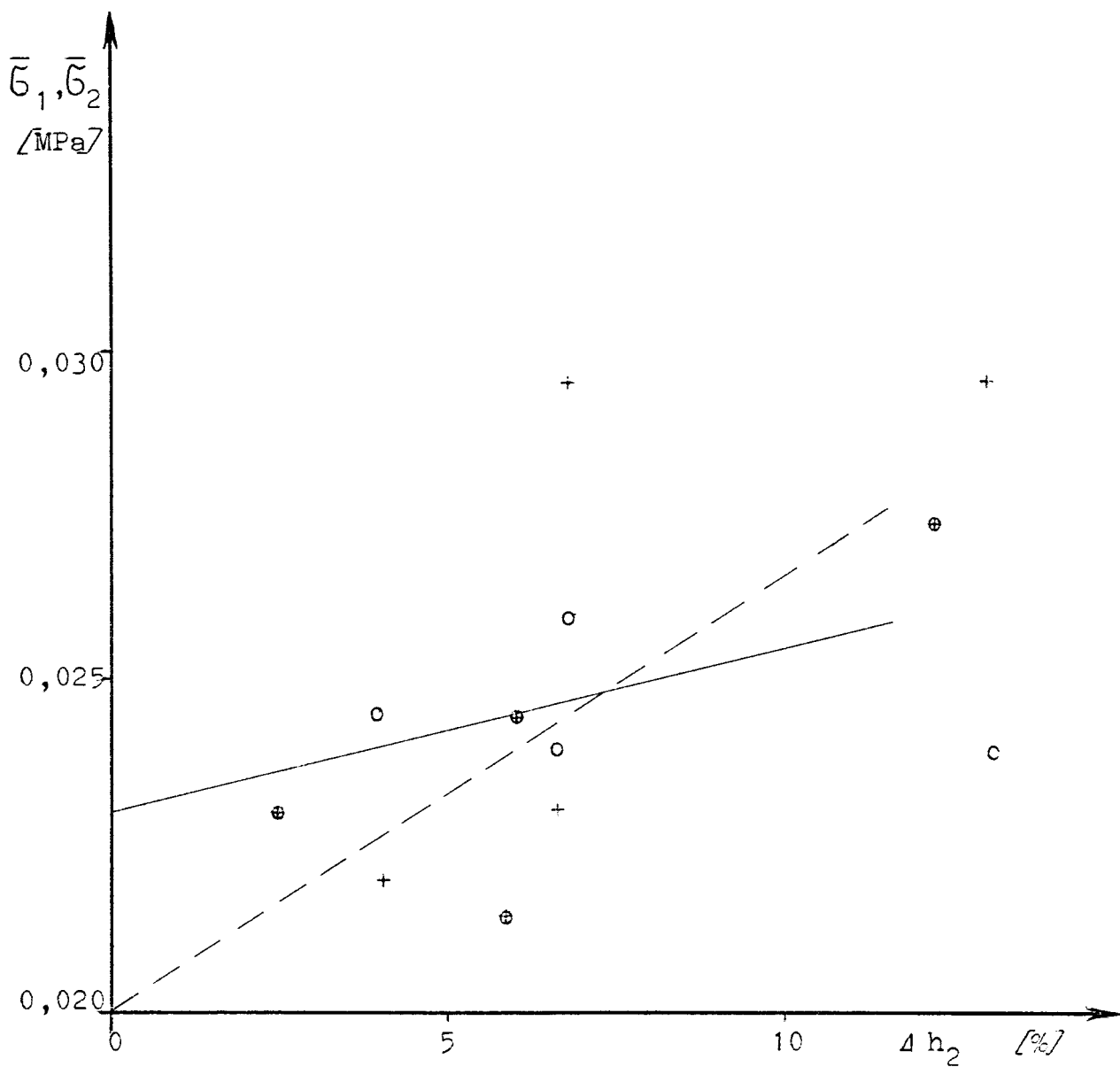
Obr. 16. Závislost vnitř. napětí na došmrštění $\Delta l_2 \cdot h_0 = 2\text{mm}$; R1



Obr.17. Závislost vnitř. napětí na dosmrštění $\Delta l_2 \cdot h_0 = 2\text{mm}$; R2



Obr.18. Závislost vnitř. napětí na dosmrštění $\Delta h_2 \cdot h_0 = 2\text{mm}$; R1



Obr.19. Závislost vnitř. napětí na došmrštění $\Delta h_2 \cdot h_0 = 2\text{mm}$; R2

Protože konstruktéra bude zajímat nejen velikost tepelného vnitřního napětí, ale i celkové napětí, které se projevuje u polystyrenu KRASTEN 127 dosmrštěním při teplotě 130°C, zhotovil jsem grafické i matematické znázornění závislosti mezi dosmrštěním při teplotě 95°C a 130°C. Obr. 20 až 23.

Pro tloušťku 4 mm:

ve vzdálenosti R1:

$$\Delta l_1 = 6,678 + 2,146 \cdot \Delta l_2 \pm 1,529 \quad [\%] \quad / 1.22 /$$

$$\Delta h_1 = 28,605 + 0,231 \cdot \Delta h_2 \pm 2,293 \quad [\%] \quad / 1.23 /$$

ve vzdálenosti R2:

$$\Delta l_1 = 2,700 + 1,434 \cdot \Delta l_2 \pm 0,815 \quad [\%] \quad / 1.24 /$$

$$\Delta h_1 = 17,262 - 2,967 \cdot \Delta h_2 \pm 3,871 \quad [\%] \quad / 1.25 /$$

Pro tloušťku 2 mm:

ve vzdálenosti R1:

$$\Delta l_1 = 14,142 + 0,536 \cdot \Delta l_2 \pm 1,164 \quad [\%] \quad / 1.26 /$$

$$\Delta h_1 = 26,022 + 343,753 \cdot \Delta h_2 \pm 4,776 \quad [\%] \quad / 1.27 /$$

ve vzdálenosti R2:

$$\Delta l_1 = 0,457 \cdot \Delta l_2 + 12,426 \pm 2,021 \quad [\%] \quad / 1.28 /$$

$$\Delta h_1 = 307,488 \cdot \Delta h_2 + 13,145 \pm 5,664 \quad [\%] \quad / 1.29 /$$

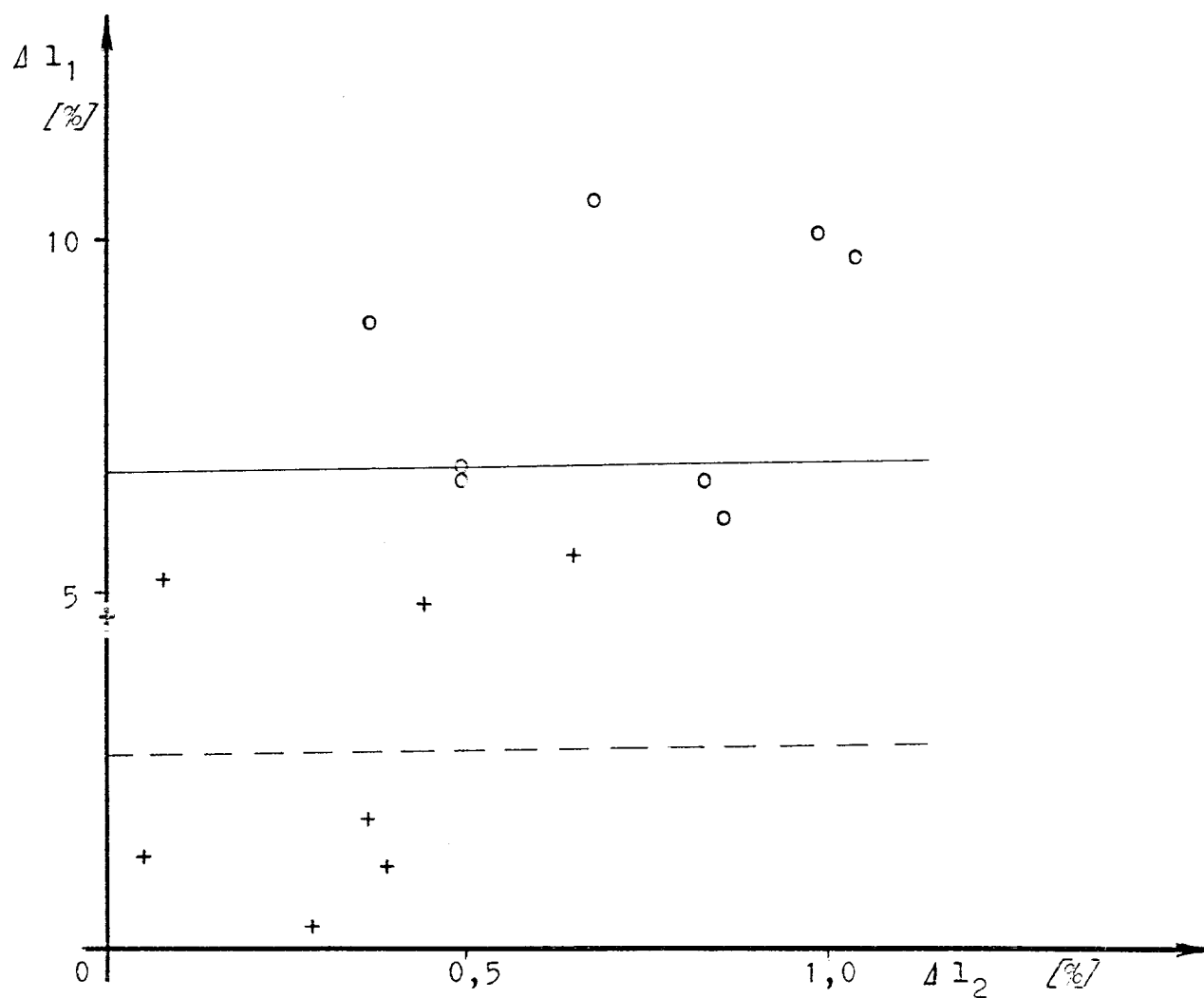
Tyto korelační závislosti mají význam pro praxi v tom, že není nutné vlastnit relaxační siloměr, neboť pomocí těchto diagramů lze určit velikost vnitřního napětí z dosmrštění vzorku při teplotě 95°C.

P ř í k l a d : Máme výrobek o tloušťce $h_0 = 4$ mm a potřebujeme určit velikost tepelného vnitřního napětí. Výrobek temperujeme při teplotě 95°C po dobu 60 minut. Přeměřením tlou-

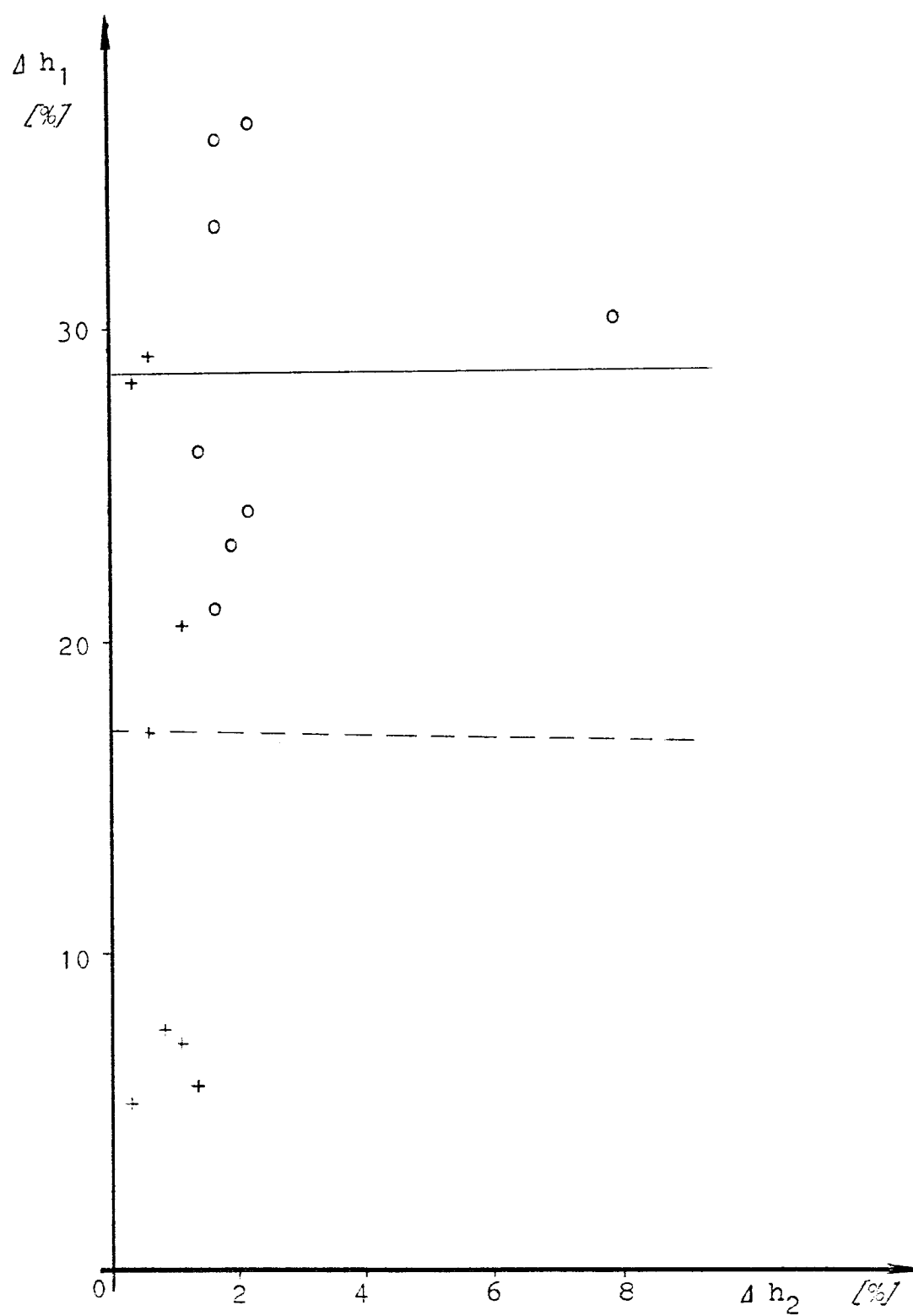
L e g e n d a / obr. 20 až 23 /:

R1 ... o —————

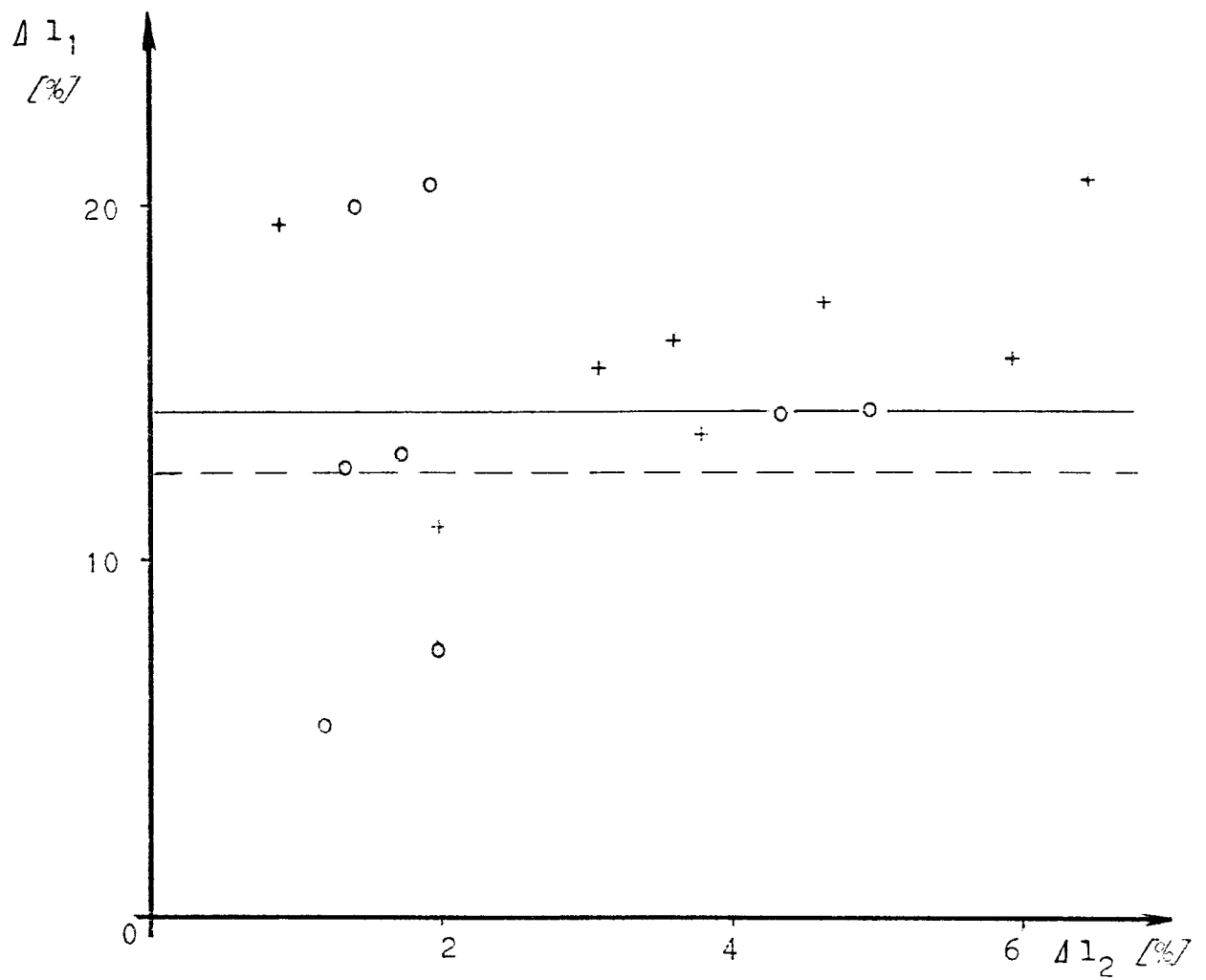
R2 ... + - - - - -



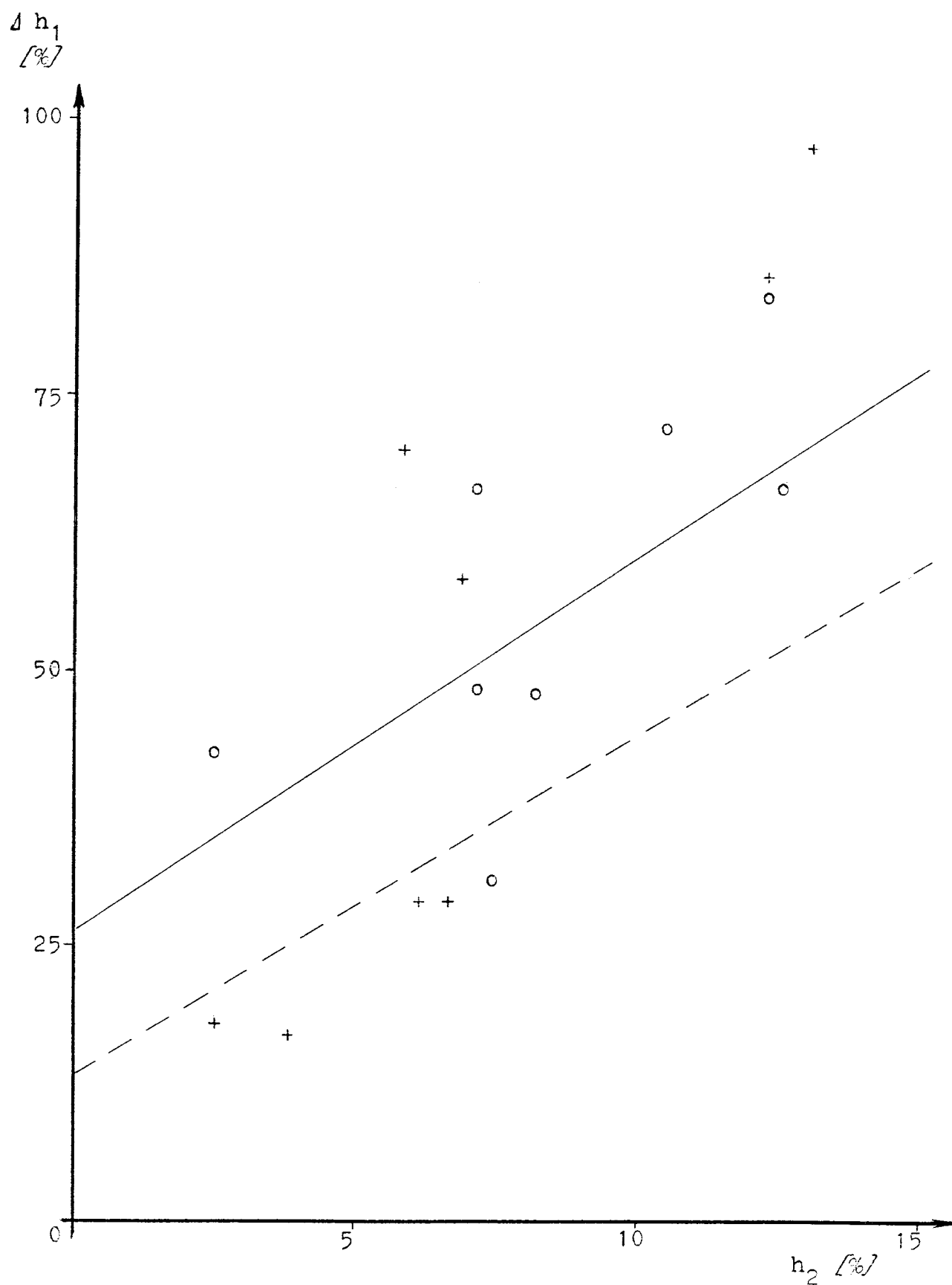
Obr.20. Závislost dosmrštění Δl_1 na dosmrštění Δl_2 . $h_0 = 4$ mm



Obr. 21. Závislost dosmrštění Δh_1 na dosmrštění Δh_2 . $h_0 = 4$ mm



Obr. 22. Závislost dosmrštění Δl_1 na dosmrštění Δl_2 . $h_0 = 2$ mm



Obr.23. Závislost dosmrštění Δh_1 na dosmrštění Δh_2 . $h_0 = 2$ mm

šky ve vzdálenosti 18 mm / R1 / zjistíme, že $h_2 = 4,146$ mm.

Dosazením těchto hodnot do vzorce / 1.4 / vypočítáme:

$$\Delta h_2 = \frac{h_2 - h_0}{h_0} \cdot 100 = \frac{4,146 - 4,000}{4,000} \cdot 100 = 3,65 \%$$

a dosazením do vzorce / 1.8 / určíme velikost středního tepelného napětí

$$\bar{\sigma}_1 = 0,025 + 0,073 \cdot \Delta h_2 = 0,025 + 0,073 \cdot 0,0365 = 0,0277 \text{ MPa}$$

a dosazením do vzorce / 1.9 / dostaneme hodnotu uvolněného vnitřního napětí

$$\bar{\sigma}_2 = 0,024 + 0,075 \cdot \Delta h_2 = 0,024 + 0,075 \cdot 0,0365 = 0,0267 \text{ MPa}$$

Tímto jsme zjistili, že velikost vnitřního napětí ve směru tloušťky v daném místě je $0,028 \text{ MPa} \pm 0,001 \text{ MPa}$ a teplotou na 95°C uvolníme $0,027 \pm 0,001 \text{ MPa}$.

Výpočtem středních hodnot tepelných vnitřních napětí ve směru tloušťky $\left(\bar{\sigma}_{j=1;2} = \frac{\sum \sigma_{j,i} + \sum \sigma'_{j,i}}{i} \right)$

jsem dospěl k těmto výsledkům:

Pro tloušťku 4 mm:

ve vzdálenosti R1:

$$\bar{\sigma}_1 = 0,02706 \pm 0,00230 \quad [\text{MPa}]$$

$$\bar{\sigma}_2 = 0,02594 \pm 0,00118 \quad [\text{MPa}]$$

ve vzdálenosti R2:

$$\bar{\sigma}_1 = 0,02494 \pm 0,00118 \quad [\text{MPa}]$$

$$\bar{\sigma}_2 = 0,02450 \pm 0,00103 \quad [\text{MPa}]$$

Pro tloušťku 2 mm:
ve vzdálenosti R1:

$$\begin{aligned}\bar{G}_1 &= 0,02450 \pm 0,00180 & [MPa] \\ \bar{G}_2 &= 0,02525 \pm 0,00217 & [MPa]\end{aligned}$$

ve vzdálenosti R2:

$$\begin{aligned}\bar{G}_1 &= 0,02431 \pm 0,00161 & [MPa] \\ \bar{G}_2 &= 0,02500 \pm 0,00328 & [MPa]\end{aligned}$$

Dále jsem pro obě tloušťky a obě vzdálenosti od vtoku určil
střední relativní dosmrštění pro teplotu 130°C [Δl_1 , Δh_1]
a pro teplotu 95°C [Δl_2 , Δh_2]:

Pro tloušťku 4 mm:

ve vzdálenosti R1: $\Delta \bar{l}_1 = 8,224 \pm 1,238$ [%]

$$\Delta \bar{h}_1 = 29,223 \pm 4,017 \quad [\%]$$

$$\Delta \bar{l}_2 = 0,720 \pm 0,165 \quad [\%]$$

$$\Delta \bar{h}_2 = 2,670 \pm 1,450 \quad [\%]$$

ve vzdálenosti R2: $\Delta \bar{l}_1 = 3,098 \pm 1,438$ [%]

$$\Delta \bar{h}_1 = 15,051 \pm 10,197 \quad [\%]$$

$$\Delta \bar{l}_2 = 0,278 \pm 0,148 \quad [\%]$$

$$\Delta \bar{h}_2 = 0,745 \pm 0,248 \quad [\%]$$

Pro tloušťku 2 mm:

ve vzdálenosti R1: $\Delta \bar{l}_1 = 16,180 \pm 2,137$ [%]

$$\Delta \bar{h}_1 = 57,884 \pm 11,709 \quad [\%]$$

$$\Delta \bar{l}_2 = 3,805 \pm 1,236 \quad [\%]$$

$$\Delta \bar{h}_2 = 8,490 \pm 2,190 \quad [\%]$$

ve vzdálenosti R2: $\Delta \bar{l}_1 = 13,490 \pm 3,555$ [%]

$$\Delta \bar{h}_1 = 50,626 \pm 21,027 \quad [\%]$$

$$\Delta \bar{l}_2 = 2,330 \pm 0,972 \quad [\%]$$

$$\Delta \bar{h}_2 = 7,181 \pm 2,478 \quad [\%]$$

Dosmrštění v určitém směru jsem u obou teplot dal do poměru a dospěl jsem k zajímavému výsledku:

- pro tloušťku 4 mm představuje střední dosmrštění:

ve vzdálenosti R1:

$$\Delta \bar{l}_2 = 8,76\% \text{ z } \Delta \bar{l}_1$$

$$\Delta \bar{h}_2 = 9,14\% \text{ z } \Delta \bar{h}_1$$

ve vzdálenosti R2:

$$\Delta \bar{l}_2 = 8,97\% \text{ z } \Delta \bar{l}_1$$

$$\Delta \bar{h}_2 = 4,95\% \text{ z } \Delta \bar{h}_1$$

- pro tloušťku 2 mm představuje střední dosmrštění

ve vzdálenosti R1:

$$\Delta \bar{l}_2 = 23,52\% \text{ z } \Delta \bar{l}_1$$

$$\Delta \bar{h}_2 = 14,67\% \text{ z } \Delta \bar{h}_1$$

ve vzdálenosti R2:

$$\Delta \bar{l}_2 = 17,27\% \text{ z } \Delta \bar{l}_1$$

$$\Delta \bar{h}_2 = 14,18\% \text{ z } \Delta \bar{h}_1$$

Nižší podíl tepelného dosmrštění ve směru tloušťky na celkovém dosmrštění pro tloušťku stěny 4 mm ve vzdálenosti R1 od vtoku je způsobena velkým rozptylem hodnot Δh_1

$$/ \Delta \bar{h}_1 = 15,051 \pm 10,197 \quad [\%] /$$

1.2. Závěr

Z grafů je zřejmé, že tepelné vnitřní napětí ve směru tloušťky u těles o tloušťce 4 mm ve vzdálenosti 18 mm od vtoku klesá s rostoucím dosmrštěním Δl_2 a roste s rostoucím dosmrštěním Δh_2 . U vzdálenosti 47 mm od vtoku je tomu naopak. S rostoucím dosmrštěním Δl_2 toto napětí roste a s rostoucím dosmrštěním Δh_2 klesá. Pro tloušťku tělesa 2 mm toto napětí ve směru tloušťky roste s oběmi dosmrštěními.

Uvažujeme-li, že vnitřní napětí je přímo úměrné dosmrštění, pak můžeme říci, že pro tloušťku výstřiku 4 mm představuje tepelné vnitřní napětí ve směru tloušťky $7,955 \pm 1,34$ % z celkového vnitřního napětí ve směru tloušťky a $17,41 \pm 2,86$ % pro výstřik tloušťky 2 mm.

Faktorovou analýzou jsem došel k závěru, že na tepelné vnitřní napětí ve směru tloušťky, ve vzdálenosti od vtoku R1 má vliv tloušťka výstřiku a potom tloušťka, tlak a dotlak společně, teplota s dotlakem a dotlak a tlak s dotlakem /v sestupné tendenci/. Ve vzdálenosti R2 má největší vliv tlak s teplotou, pak tloušťka, dotlak a tlak, tloušťka s tlakem, tloušťka s dotlakem a tlakem, teplota s tlakem a s dotlakem a tloušťka s tlakem.

Na dosmrštění Δl_k pro vzdálenost od vtoku R1 jenom tloušťka s tlakem a pro vzdálenost R2 tloušťka s teplotou. Na dosmrštění Δh_k pro vzdálenost od vtoku R1 tloušťka s teplotou, teplota s tlakem a dotlakem a tlak s dotlakem /v sestupné tendenci/ a pro vzdálenost R2 tloušťka s tlakem, tloušťka s teplotou a tlak s teplotou / v sestupné tendenci /.

2. Krátkodobý modul pružnosti

Je podíl napětí a poměrného prodloužení či stlačení v oblasti lineární závislosti. Je vyjádřen jako podíl síly vztažené na počáteční průřez objemového elementu tvaru hranolu a změny jeho délky vztažené na počáteční délku.

V tabulkách vlastností plastů jsou uváděny hodnoty modulu pružnosti stanovené krátkodobými zkouškami při namáhání v tahu, tlaku nebo ohybu. Tyto hodnoty mají informativní charakter a lze jich využít k porovnání různých polymerů navzájem. Modul pružnosti vždy závisí na čase, době namáhání a na velikosti působícího namáhání.

Protože měření jsem prováděl na mikrotělesech a lineární závislost zatížení a poměrného prodloužení platí jen v oblasti pružných, tedy malých deformací, použil jsem nejcitlivější - ohybovou - zkoušku pro nevytemperované i vytemperované vzorky. Průhyb nemá obecně překročit $4,5/h$, kde h je tloušťka zkušebního tělesa v mm.

2.1. Modul pružnosti ze zkoušky ohybem / 6 /

Modul pružnosti při zkoušce ohybem je definován ze vztahu pro průhyb zkušebního tělesa / nosníku / na dvou podporách, zatíženého příčnou silou, působící uprostřed vzdálenosti mezi podporami.

Vztah je odvozen za předpokladu zachování rovinnosti průřezu s platností H o o k o v a zákona, zanedbává

se zde vliv posouvajících sil. Tyto předpoklady jsou dostatečně splněny u štíhlých nosníků, je-li průhyb relativně malý. Pro výpočet použijeme vztah

$$E = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot I \cdot y}$$

kde E modul pružnosti v MPa
 F zatížení v N
 l vzdálenost mezi podporami v mm
 I moment setrvačnosti průřezu zkušebního tělesa v mm⁴
 y průhyb v mm

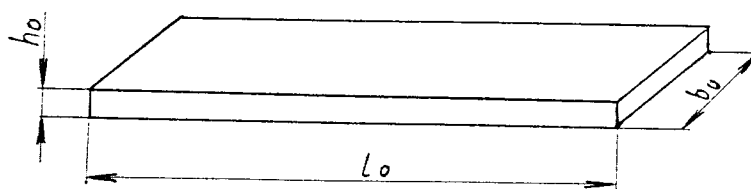
Pro obdélníkový průřez zkušebního tělesa platí:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

kde b šířka zkušebního tělesa v mm
 h tloušťka zkušebního tělesa v mm

2.1.1. Zkušební těleso

Použil jsem vystříknuté zkušební těleso tvaru hranolu o rozměrech podle obr. 24.



Obr. 24. Zkušební těleso pro ohybovou zkoušku

Pro vytemperovaná zkušební tělesa jsem použil původní vzorky vytemperované v sušárně na 95°C po dobu 60 min. V tabulce 3 jsou aritmetické průměry rozměrů vzorků před a po temperaci a dosmrštění jednotlivých rozměrů v procentech. V tabulce 4 jsou uvedeny použité technologické podmínky a jejich označení.

2.1.2. Zkušební zařízení

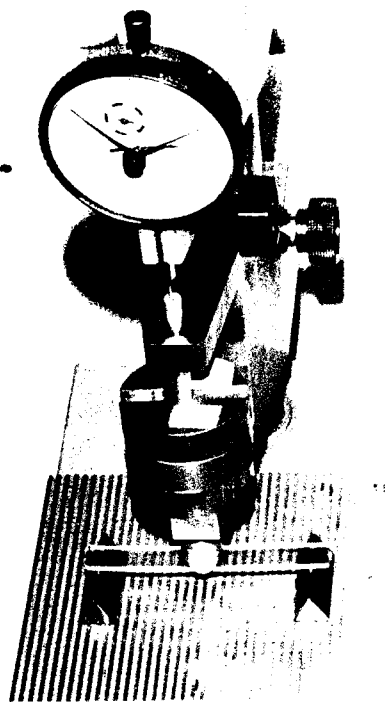
Základem zkušebního zařízení je normalizovaný stojánek. Zkušební vzorek je uložen na pracovním stole stojánku na dvou podporách tak, aby zatěžovací tyčka byla v jeho středu. Vzdálenost podpor je 70 mm pro nevytemperovaný a 58 mm pro vytemperovaný vzorek. Nad zatěžovací tyčkou je uchycen setinový úchylkoměr tak, aby sledovyl její pohyb. Průhyb zkoušeného vzorku vyvozujeme vkládáním závaží na zatěžovací tyčku a velikost průhybu odečítáme na číselníkovém úchylkoměru. Princip uvedeného zkušebního zařízení je na obr. 25. Vlastní zkušební zařízení je na obr. 26.

Tabulka 4 Technologické parametry vstřikování

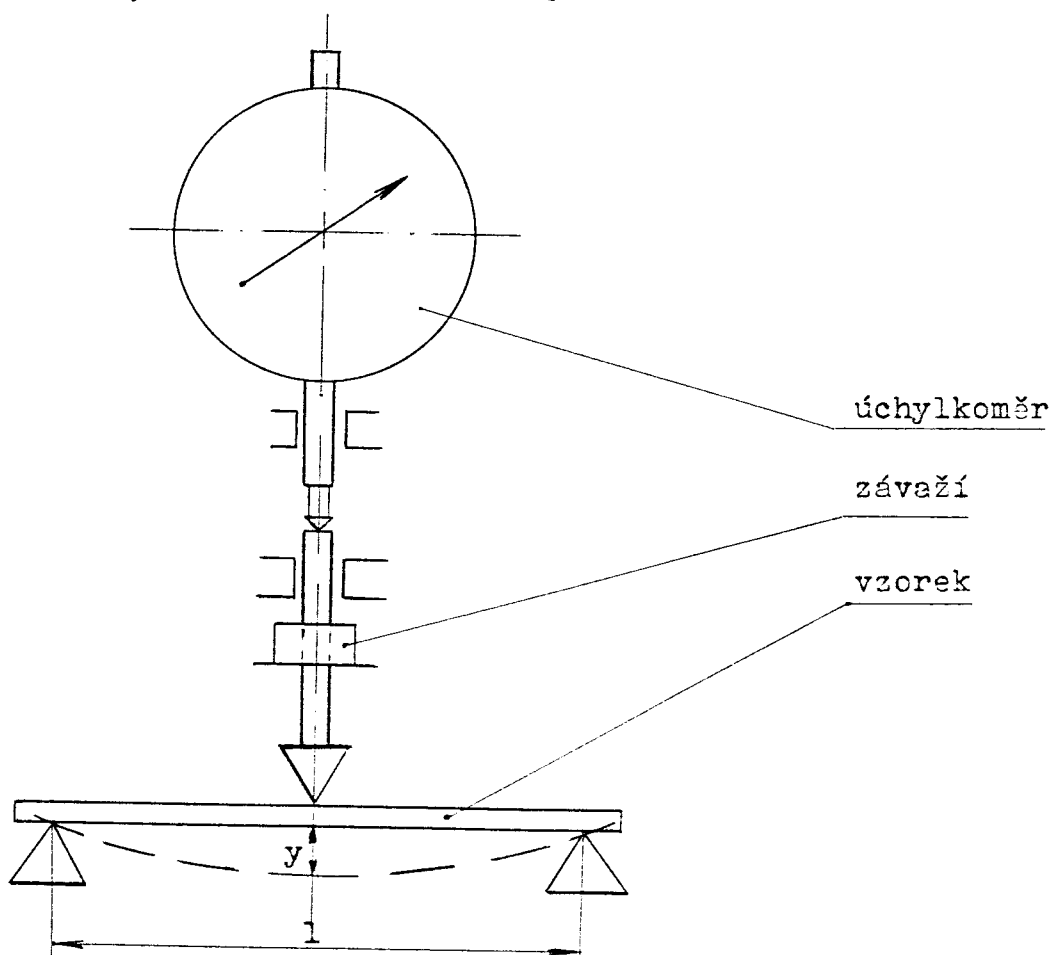
Podm.	tepl. špičky /°C/	vstřik. tlak /MPa/	dotlak /MPa/
1	260	4,5	4,5
2	210	12	6
3	210	9	9
4	260	4,5	2
5	210	9	4,5
6	260	9	4,5
7	260	9	9
8	210	12	12

Tabulka 5 Rozměry vzorků jednotlivých podmínek a jejich dosmrštění

Podmínka	h_o /mm/	b_o /mm/	l_o /mm/	h /mm/	b /mm/	L /mm/	Δh /%/	Δb /%/	ΔL /%/
1	2,100	10,115	80,017	2,341	10,593	68,608	11,492	4,726	14,257
2	2,114	10,136	79,883	2,473	10,928	64,75	16,998	7,814	18,944
3	2,115	10,106	79,917	2,504	11,016	63,35	18,39	9,005	20,730
4	2,088	10,121	79,867	2,342	10,461	70,275	12,147	3,359	12,010
5	2,089	10,103	79,983	2,465	10,965	63,875	18,034	8,532	20,140
6	2,134	10,204	79,917	2,406	10,667	68,867	12,748	4,537	13,827
7	2,133	10,240	80,000	2,412	10,682	68,833	13,098	4,316	13,958
8	2,128	10,128	80,033	2,477	10,931	65,217	16,367	7,929	18,513



Obr. 25. Zkušební zařízení pro provádění ohybové zkoušky



Obr. 26. Princip zkušebního zařízení pro ohybovou zkoušku

2.2. Určení závislosti modulu pružnosti na technologických podmínkách vstřikování

Měření ohybovou zkouškou jsem provedl pro obě strany každého z pěti vzorků pro každou technologickou podmínku. Tím jsem získal 10 hodnot krátkodobého modulu pružnosti, z nichž jsem určil průměrný modul pružnosti každé podmínky. Dále jsem určil dosmrštění délky, trouščky a šířky po temperaci. Výsledné průměrné hodnoty obou modulů pružnosti a jednotlivých dosmrštění jsou v tabulce 5.

Tabulka 5 Vypočtené hodnoty krátkodobého modulu pružnosti E , krátkodobého modulu pružnosti po temperaci E' a dosmrštění tloušťky Δh , šířky Δb a délky Δl

Pořm.	Δh /% /	Δb /% /	Δl /% /	E /MPa /	E' /MPa /
1	11,492	4,726	14,257	2986,80	2984,34
2	16,998	7,814	18,944	3038,74	2994,54
3	18,390	9,005	20,730	3045,80	2973,35
4	12,147	3,359	12,010	3101,78	2905,56
5	18,034	8,532	20,140	3111,52	3109,22
6	12,748	4,537	13,827	3128,96	2934,81
7	13,098	4,316	13,958	3159,49	2968,68
8	16,367	7,929	18,513	3204,19	3038,99

Po ověření koeficientu korelace jsem závislost modulu pružnosti na technologických podmínkách vstřikování určil lineární korelací modulu pružnosti a dosmrštění. Závislost modulu pružnosti na technologických podmínkách před a po temperaci je vyjádřena na obrázcích č.27,28 a 29.

Výpočtem jsem zjistil, že:

a/ krátkodobý modul pružnosti polystyrenu KRASTEN 127 je závislý na technologických podmínkách vstřikování dle vztahů:

- závislost na změně tloušťky

$$E = 3074,96 + 148,92 \cdot \Delta h \pm 24,00 \text{ [MPa]}$$

- závislost na změně šířky

$$E = 3104,35 - 114,60 \cdot \Delta b \pm 24,07 \text{ [MPa]}$$

- závislost na změně délky

$$E = 3119,71 - 136,29 \cdot \Delta l \pm 24,04 \text{ [MPa]}$$

b/ krátkodobý modul pružnosti polystyrenu KRASTEN 127 po temperaturaci na 95°C je závislý na technologických podmínkách vstřikování dle vztahů:

- závislost na změně tloušťky

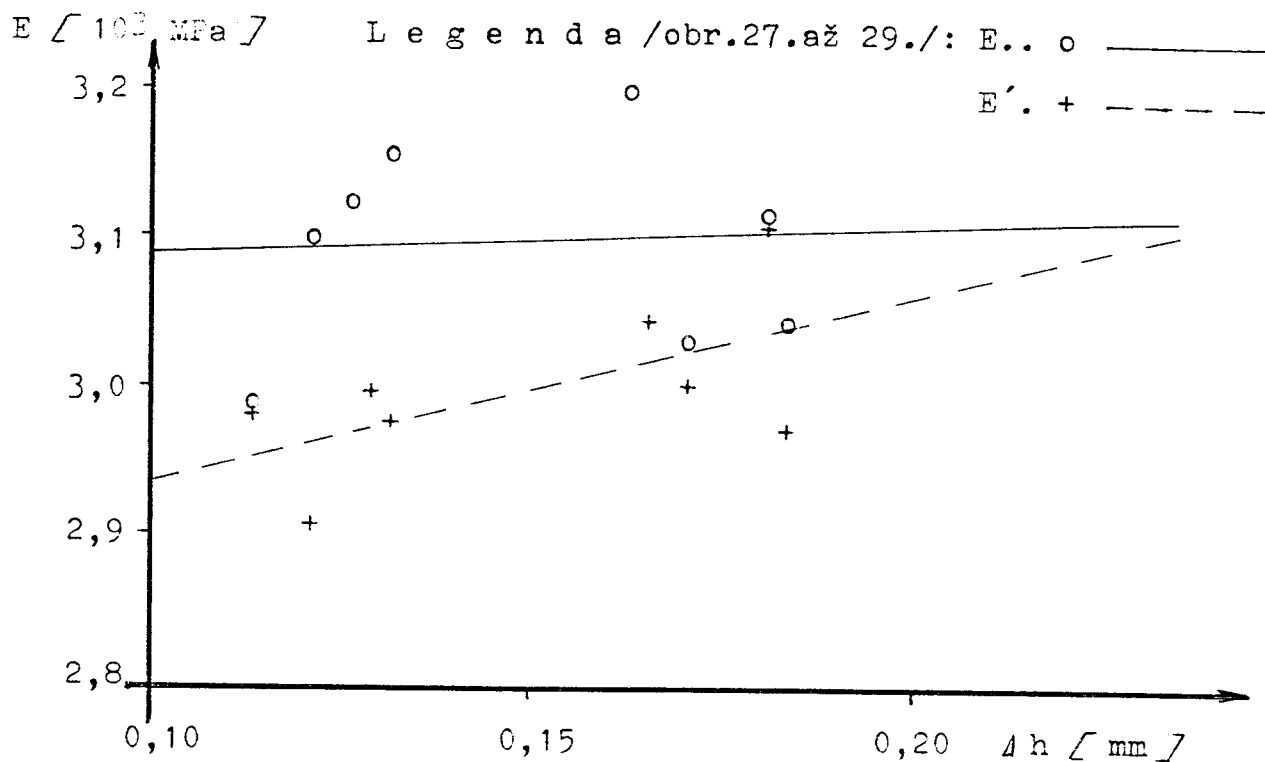
$$E = 2814,93 + 1215,75 \cdot \Delta h \pm 269,72 \text{ [MPa]}$$

- závislost na změně šířky

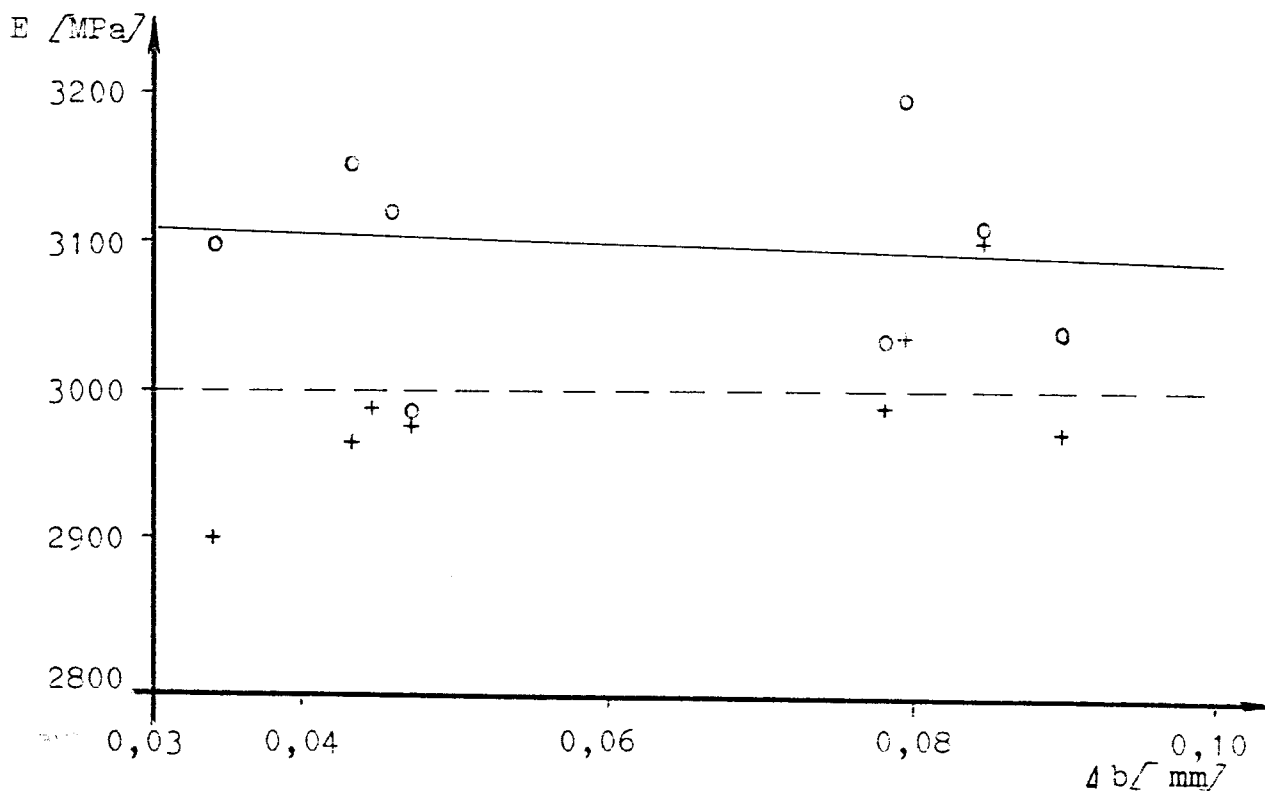
$$E = 2985,35 + 172,65 \cdot \Delta b \pm 19,01 \text{ [MPa]}$$

- závislost na změně délky

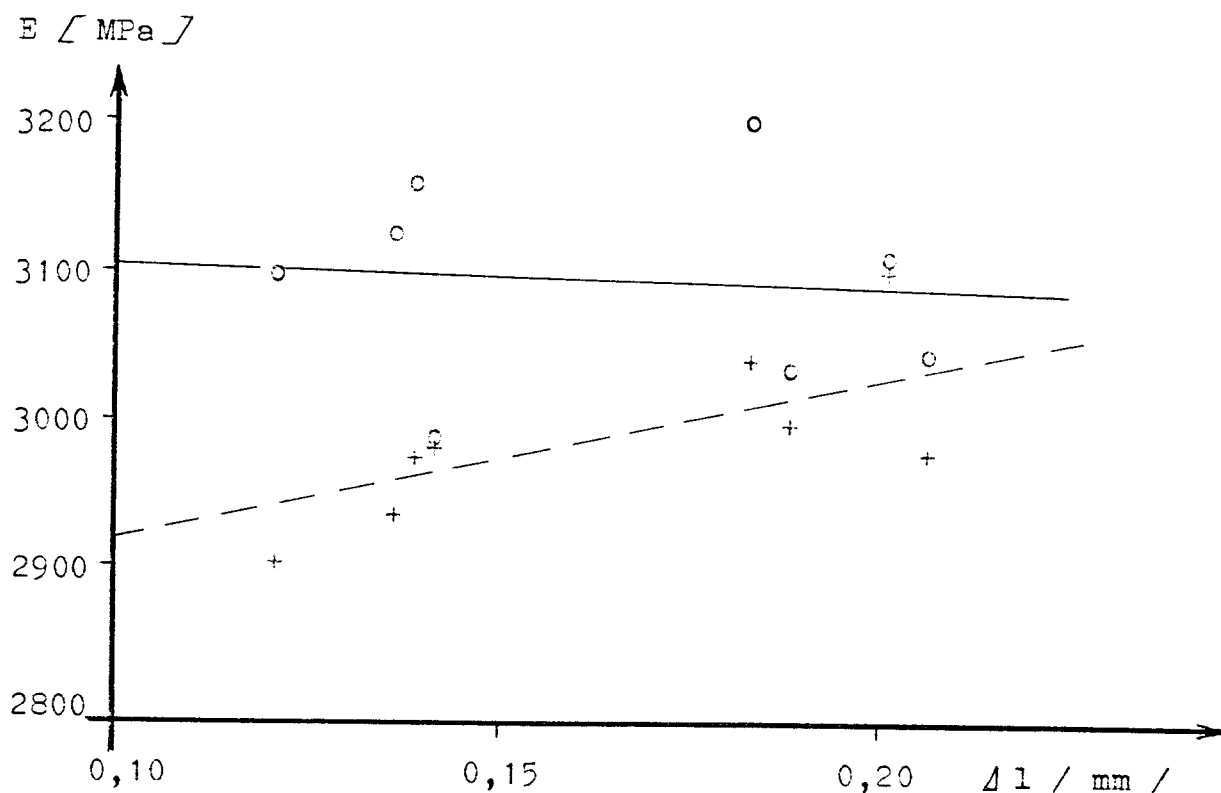
$$E = 2809,07 + 1130,83 \cdot \Delta l \pm 274,15 \text{ [MPa]}$$



Obr.27. Závislost krátkodobého modulu pružnosti před a po temperaci na dosmrštění ve směru tloušťky vzorku



Obr.28. Závislost krátkodobého modulu pružnosti před a po temperaci na dosmrštění ve směru šířky vzorku



Obr. 29. Závislost krátkodobého modulu pružnosti před a po temperaci na dosmrštění ve směru délky vzorku

2.3. Závěr

Temperací došlo ke snížení krátkodobého modulu pružnosti u vzorků průměrně asi o 100 MPa, což představuje pokles o 3,15%. Z měření dále vyplývá, že krátkodobý modul pružnosti je téměř konstantní, jen po temperaci došlo k jeho výrazné závislosti na dosmrštění ve směru délky a tloušťky.

Na modul pružnosti má vliv tlak a dotlak, tlak s dotlakem a tlak s teplotou.

IV. Z Á V Ě R

Správná a opodstatněná volba technologických parametrů je předpokladem jak hospodárné výroby, tak i samotné kvality výstřiků. Částí této problematiky jsem se zabýval v této diplomové práci.

Pro posuzování vnitřního stavu těles typu " čtvrtkruh " /nosné části krabic a přepravek/ jsem navrhl laboratorní vstřikovací formu pro výrobu těchto těles v podmínkách KTP - VŠST. Polotovary pro tuto formu jsem navrhl dle zásob hutního skladu VŠST. Životnost formy je asi 10 tis. kusů, což postačí k určení vnitřního stavu těchto těles.

V otázce volby technologických parametrů jsem hodnotil vliv vstřikovacího tlaku, dotlaku a teploty taveniny na vnitřní napětí. Přímé měření vnitřního napětí a velikost dosmrštění jsem prováděl na mikrotělesech výrobku typu kotouč. Krátkodobý modul pružnosti jsem zjišťoval na vystřiknutých hranolcích. Kotouč i hranolky byly z polystyrenu KRASTEN 127.

Při určování dosmrštění jsem zjistil, že dosmrštění při 95°C představuje určité % dosmrštění při 130°C pro danou tloušťku kotouče v libovolném místě pro všechny technologické podmínky. Předpokládáme-li, že vnitřní napětí je přímo úměrné dosmrštění, můžeme určit jak velkou část celkového napětí zaujímá tepelné vnitřní napětí a zda má význam ho odstranit. U větších tloušťek je toto procento menší / u tloušťky 4 mm asi 9% /. Zároveň jsem určil,

jak klesne teplota na 95°C i krátkodobý modul pružnosti. Konstruktor může takto předem určit, co bude pro daný výrobek výhodnější. Zda vyšší modul pružnosti nebo vyšší vnitřní napětí. Podle toho provést či neprovést teplotu konečného výrobku.

Jedna z dalších prací by se měla zabývat celkovým vnitřním napětím s použitím relaxačního siloměru a ověřit mou domněnku, že tepelné vnitřní napětí představuje pro tloušťku 4 mm 7,955% a pro tloušťku 2 mm 17,41% celkového napětí. Dále by bylo vhodné zjistit vnitřní napětí pro více tloušťek výstřiku a pro více vzdáleností od vtoku a určit korelační závislost. Pro docílení větší přesnosti měření bylo by vhodné použít relaxační siloměr s vyšší citlivostí.

Při měření krátkodobého modulu pružnosti jsem zjistil, že je různý pro každou stranu zkušební tyčky. Po odlehčení zůstal pro obě strany rozdílný průhyb. Rozdíl je pravděpodobně způsoben vnitřním napětím způsobeným rozdílnými teplotami na tvárníku a tvárnici. Z rozdílného konečného průhybu by bylo možno určit velikost vnitřního napětí způsobené tímto tepelným gradientem.

Vliv jednotlivých faktorů na dosmrštění a velikost vnitřního napětí jsem určoval faktorovou analýzou. Výsledek je ovlivněn malým počtem hodnot. Jednotlivé faktory mají rozdílné hladiny významnosti. Tlaky jsou pro každou teplotu jiné. Dotlaky zase různé pro každý tlak. Pro přesné určení vlivu je potřebné použít stejné hladiny nebo pro toto rozdělení podmínek použít více naměřených hodnot.

Tato práce se zabývala jen úzkým problémem široké problematiky zpracování a hodnocení plastů. Jsem si vědom, že nemohla přinést řešení celé problematiky vlivu technologických podmínek na vnitřní pnutí a modul pružnosti.

Věřím, že tato práce přispěje svými dílčími výsledky k hlubšímu poznání chování plastů.

V. Použitá literatura

- / 1 / Zpráva státního úkolu č. P 14 - 123 - 204 / E 03,
VŠST Liberec 1980
- / 2 / SVÚM Praha: Krasten, Forsan, 1982
- / 3 / PN 3437 Vstřikovací stroj CS 88 / 63 /základní
údaje/
- / 4 / Kulhánek, J.: Formy pro tváření plastických hmot.
SNTL, Praha 1966
- / 5 / Felix, M., Bláha, K.: Matematicko statistické me-
tody v chemickém průmyslu. SNTL, Praha 1962
- / 6 / ČSN 64 0614 Stanovení modulu pružnosti ze zkoušky
tahem, tlakem a ohybem.

P O D Ě K O V Á N Í

Závěrem své práce si dovoluji vyslovit srdečné poděkování

Ing. Miloslavu Š a f a ř í k o v i ,

který mi jako vedoucí diplomové práce poskytl odborné vedení jak v oblasti teoretické, tak i experimentální.

V Jablonci n.N. 21.května 1984

Vladimír Febián

Počet kusů	Název - rozměr	Polotovár	Mater. konečný	Mater. výchozí	Třída odpadu	Čistá váha	Hrubá váha	Číslo výkresu	Pos.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pevná upín. des. # 180x30x330	ČSN 425524	11373.0		001		13,00	KTP-01-04	1
1	Upín. des. tvárn. # 30x25-275	ČSN 425522	11373.0		001		7,00	KTP-01-05	2
1	Pohybl. up. deska # 180x30x330	ČSN 425524	11373.0		001		10,12	KTP-01-06	3
1	Středící krouž. Ø 170 - 20	ČSN 425510	11500.0		001		3,56	KTP-01-07	4
1	Středící krouž. Ø 170 - 20	ČSN 425510	11500.0		001		3,56	KTP-01-08	5
1	Tvárník # 130x30x40	ČSN 425525	12050.4		002		2,71	KTP-01-09	6
1	Tvárnice # 130x40x110	ČSN 425522	11373.0		001		4,40	KTP-01-10	7
1	Vložka tvárníku # 160x30x330	ČSN 425524	11373.0		001		20,7	KTP-01-11	8
1	Vložka tvár. I. # 45x30-100	ČSN 425522	11373.0		001		1,07	KTP-01-12	10
1	Vložka tvár. II. # 45x30x90	ČSN 425522	11373.0		001		0,50	KTP-01-13	11
1	Tvárník I. # 110x30-40	ČSN 425522	11373.0		001		1,04	KTP-01-14	12
1	Tvárník II. # 110x30-40	ČSN 425522	11373.0		001		1,04	KTP-01-15	13
1	Tvárník III. # 45x30-35	ČSN 425522	11373.0		001		0,03	KTP-01-16	14
1	Tvárník IV. # 45x30-35	ČSN 425522	11373.0		001		0,03	KTP-01-17	15
1	Tvárnice I. # 110x40-50	ČSN 425522	11373.0		001		1,33	KTP-01-18	16
1	Tvárnice II. # 110x40-30	ČSN 425522	11373.0		001		1,33	KTP-01-19	17
1	Tvárnice III. # 45x35-40	ČSN 425522	11373.0		001		0,17	KTP-01-20	18
1	Tvárnice IV. # 45x35-40	ČSN 425522	11373.0		001		0,93	KTP-01-21	19
1	Tvárnice # 130x30-35	ČSN 425522	11373.0		001		0,97	KTP-01-22	20
1	Vložková vložka # 45x30-60	ČSN 425510	11373.0		001		0,11	KTP-01-23	21
1	Deska # 130x30-40	ČSN 425522	11373.0		001		0,93	KTP-01-24	22

Vyhotovil	<i>Fabian</i>	Č. sn/mku	
Přezkoušel			
Norm. rel.			
Výr. projedn.		Č. transp.	
	Dne 15.5.1984		

PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.	Typ	Skupina	Starý výkres	Nový výkres
	Název			
	VSTŘIKOVACÍ FORMA MODELOVÉ TĚLE SO TYPU ČTVRTKRUH		KTP-01-00	
	Počet listů 2			List 1

Vyhotovil	<i>Fabian</i>	Č. snímku	Změna	Datum	Podpis	Index změny	x
Přezkoušel							x
Norm. rel.							x
Výr. projedn.		Č. transp.					x
	Dne 15. 5. 1984						x

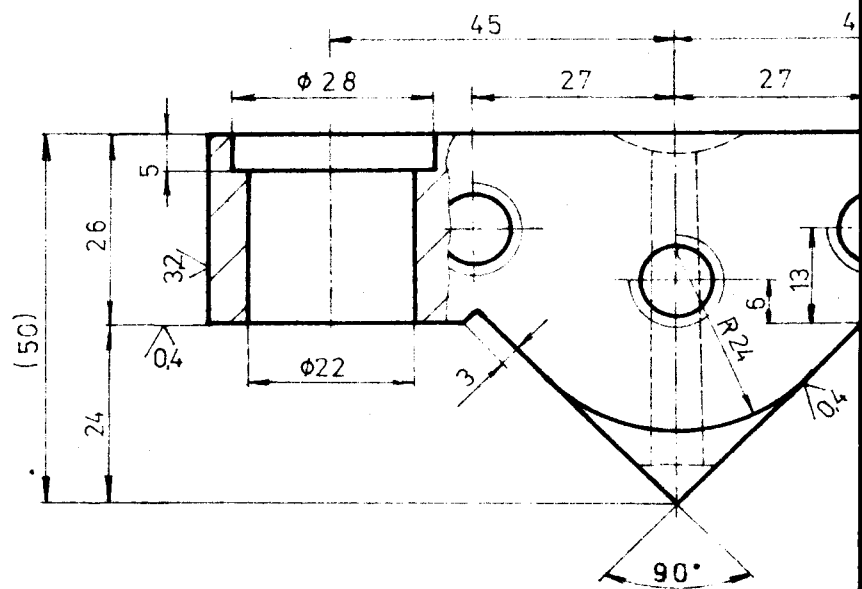
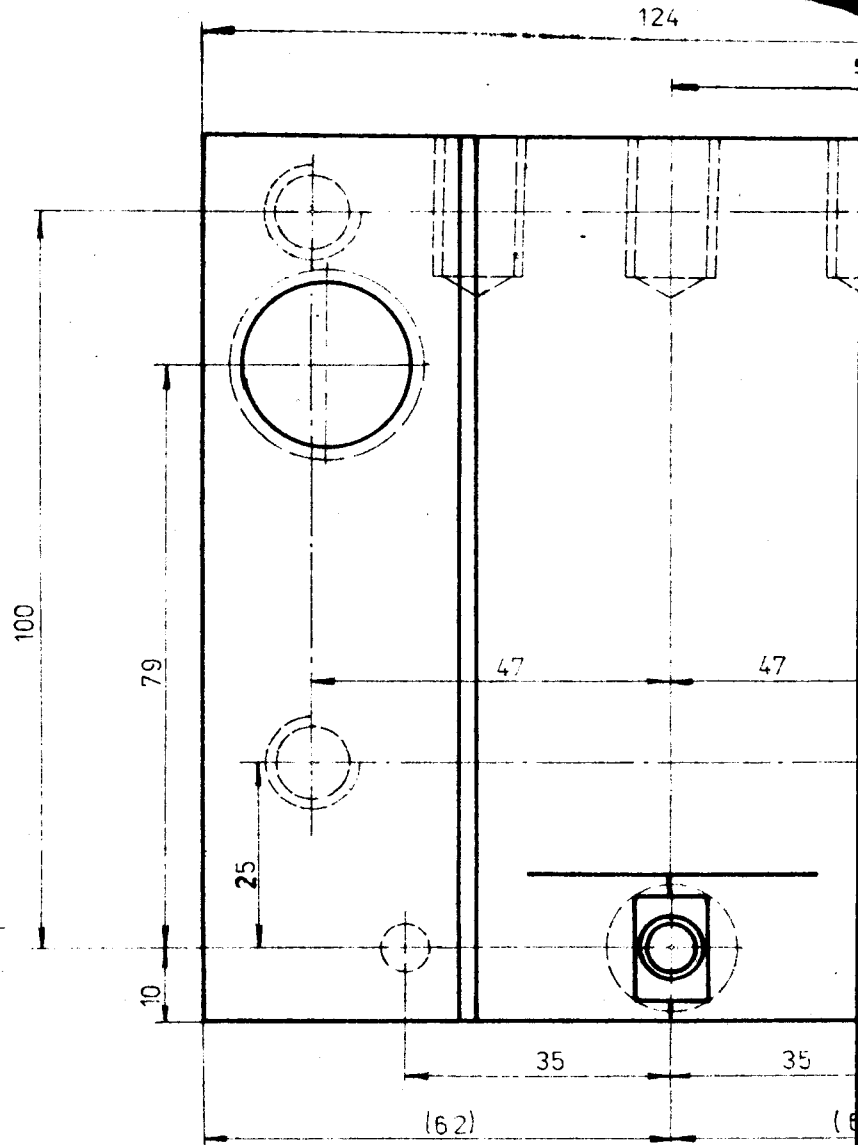
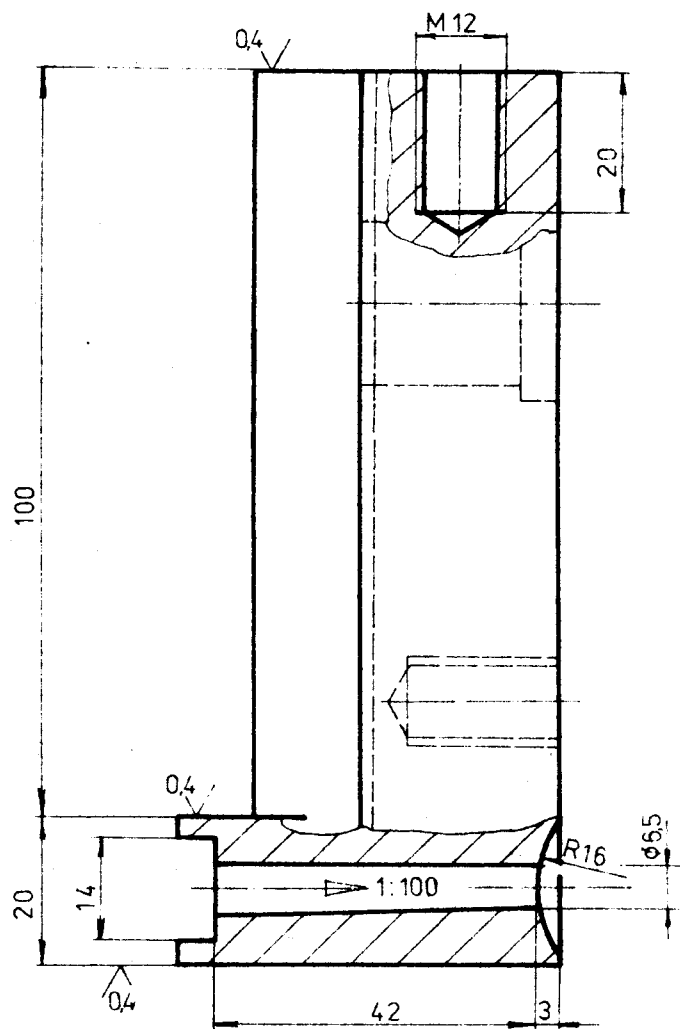
List 1

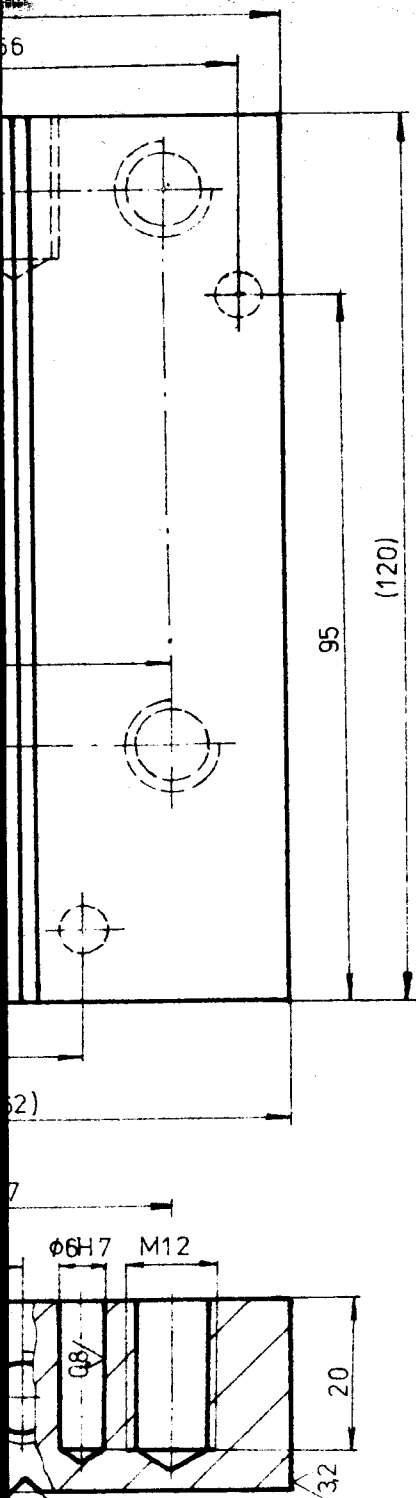
Počet kusů	Název - rozměr	Polotovar	Mater. konečný	Mater. výchozí	Třída odpadu	Čistá váha	Hrubá váha	Číslo výkresu	Pos.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Deska # 130x20-85	ČSN 425522	11373.0		001		1,74	KTF-01-26	23
1	Deska # 130x20-60	ČSN 425522	11373.0		001		1,23	KTF-01-27	24
2	Vyvažov.deska # 60x30-128	ČSN 425522	11373.0		001		1,80	KTF-01-03	25
2	Kroužek Ø 15-15	ČSN 425510	11500.0		001		0,03	KTF-01-05	26
1	Kot.des.vyhač Ø 42-22	ČSN 425510	11500.0		001		0,24	KTF-01-06	27
2	Vyhazovač Ø 12-155	ČSN 425516	12050.4		002		0,13	KTF-01-08	28
2	Pouzdro Ø 28-28	ČSN 425516	12050.4		002		0,14	KTF-01-07	29
1	Podložka 60x6-460	ČSN 425522	11373.0		001		1,3	KTF-01-12	30
4	Rozpěrka Ø 18-25	ČSN 425510	11500.0		001		0,45	KTF-01-32	31
4	Šroub M8x40	ČSN 021143							32
4	Šroub M6x15	ČSN 021143							33
4	Šroub M6x15	ČSN 021143							34
6	Šroub M12x25	ČSN 021143							35
21	Šroub M12x15	ČSN 021143							36
4	Šroub M12x20	ČSN 021143							37
2	Šroub M4x10	ČSN 021143							38
2	Vodící kolík Ø 22-75	ČSN 425516	12050.4		002		0,22	KTF-01-04	39
2	Kolík 8x50	ČSN 022150							40
2	Kolík 5x15	ČSN 022150							41
18	Kolík 6x30	ČSN 022150							42
2	Pružina Ø2x15x75x14,5	ČSN 026020	12090.1						44
1	Deska # 130x40-32	ČSN 425522	11373.0		001		1,31	KTF-01-09	45

Vyhotovil	<i>Fabian</i>	Č. snímku	
Prozkoušel			
Norm. rel.			
Výr. projedn.		Č. tras. sp.	
Dne 15.5.1984			

Změna	Datum	Podpis	Index změny	x
				x
				x
				x
				x

PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.	Typ	Skupina	Starý výkres	Nový výkres
	Název			
VSTŘIKOVACÍ FORMA MODELOVÉ TĚLESO TYPU ČTVRTKRUH			KTP-01-00	
			Počet listů 2	List 2

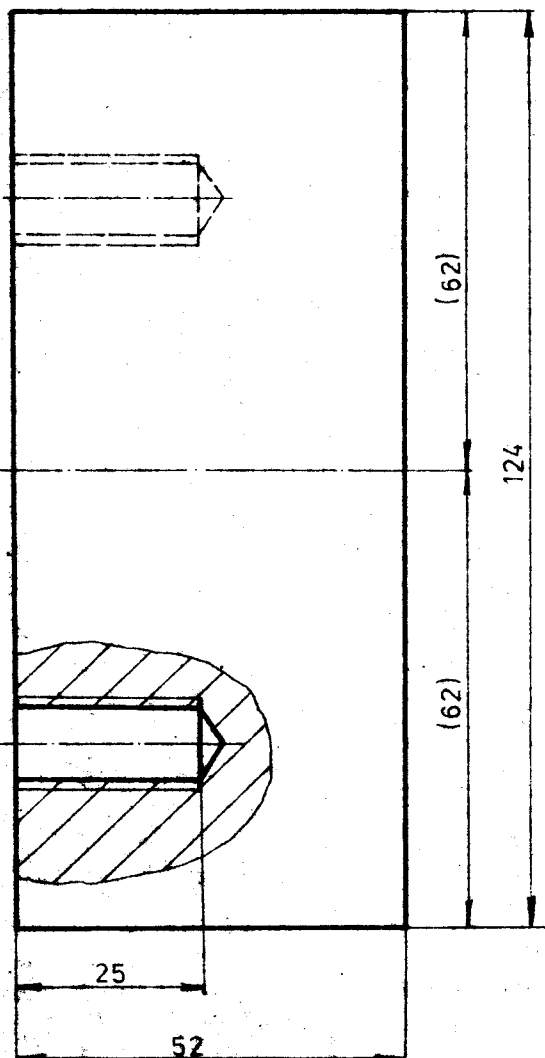
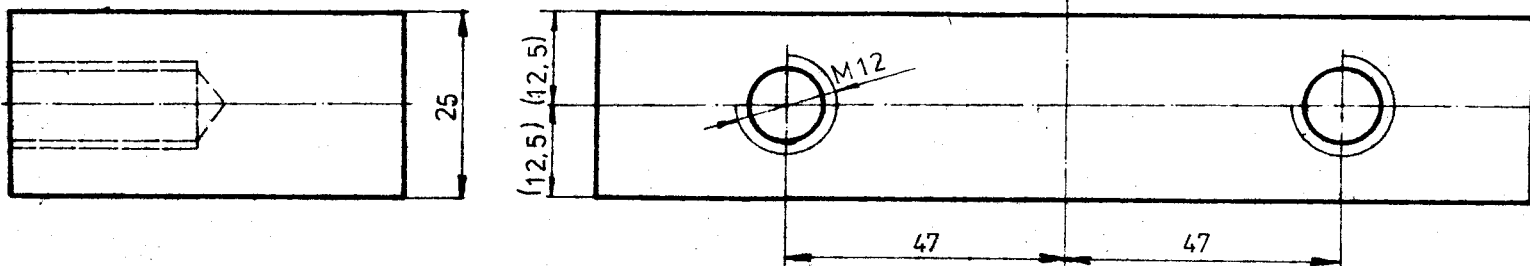




1,6 (3,2 , 0,8 , 0,4)

SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	∠130×60-130	ČSN 42 5523	12 050.4		002		7,96		6		
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	Tř. odpat.	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.		
Poznámka				Celková čistá váha kg							
Měřítko 1:1	Kreslil	<i>F. Jan</i>	Č. snímku						a	x	
	Přezkoušel									b	x
	Norm. ref.									c	x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.							d	x
	Dne 15.5.1984										
Typ		Skupina		Použito u typu		Změna		Datum	Podpis	Index	
Název				Starý výkres		Nový výkres					
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.		TVÁRNÍK		KTP - 01 - 01							

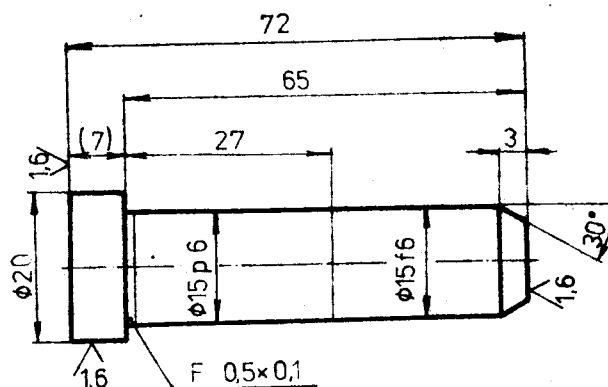


SVRTAT PŘI MONTÁŽI

SLÍČOVAT V SESTAVĚ

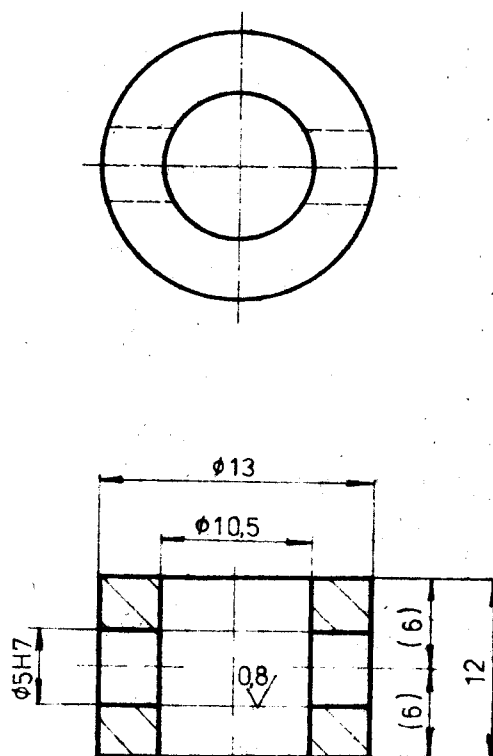
2	± 60 × 30 - 128	ČSN 42 5522	11 373.0	001	1,8	25		
Název - rozebr.	Podstavce	Mat. označení	Mat. výpočet	Obj. číslo	Č. váha	H. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámky				Celková čistá váha kg				
Materiál	Kresla	Fibran	Č. materiálu				a	x
1:1	Přechodník						b	x
	Norm. rej.						c	x
	Výr. projekt.	Ediční	Č. změny				d	x
		Dne 15.5.1984						
Typ		Skupina	Použití a typy	Změna	Datum	Podpis	Index	
Název		Starý výkres	Nový výkres					
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.		VYVAŽOVACÍ DESKA		KTP-01-03				

0,8 (1,6)

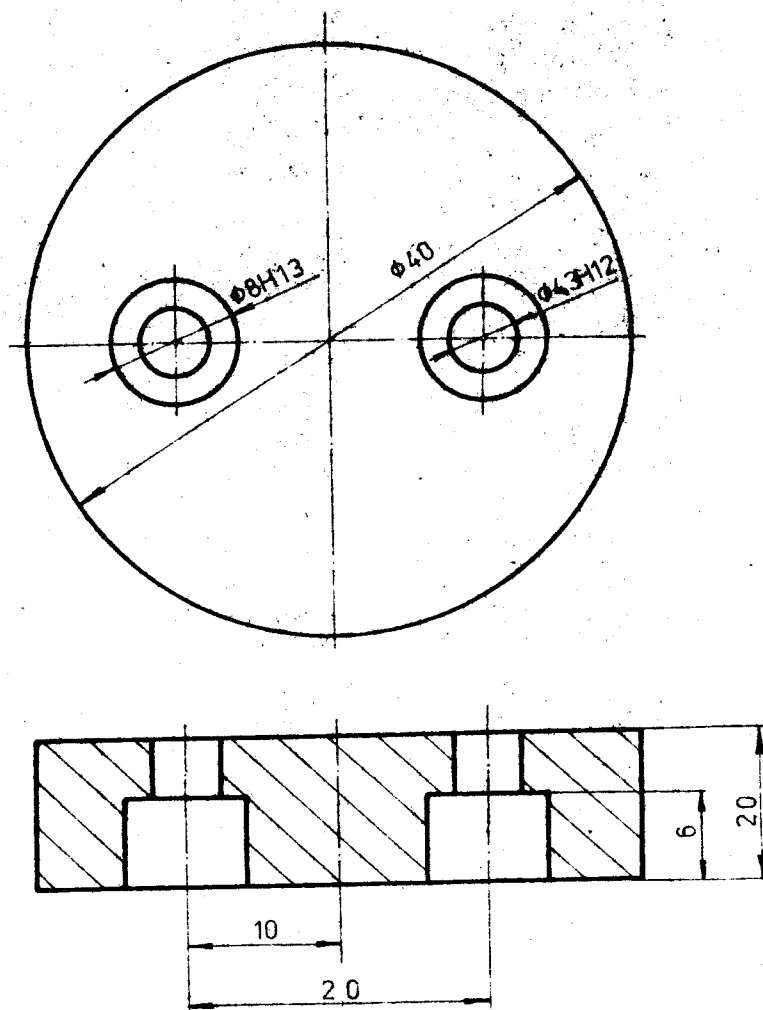


2	Ø 22 - 76	ČSN 42 5516	12050.4	002	0,22	39			
Part list	Name - rozměr	Partovar	Metar, kosař	Metar, výška	Wid odpade	C váha	Ha váha	Číslo výrobce	Pos.
Poznámky				Celková čistá váha kg					
Měřítka 1:1	Kreslil	Fal-ga	C. měřítka					a	x
	Provedení							b	x
	Metar, měř.							c	x
	Výr. provedení	Schválil	C. technop.					d	x
		Dne 15.5.1984							
Typ		Skupina		Pozice a typ		Změna		Datum	
Název		Starý výrobce		Nový výrobce		Podpis		Index	
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.		VODÍČÍ KOLÍK		KTP-01-04					

1,6 (0,8)



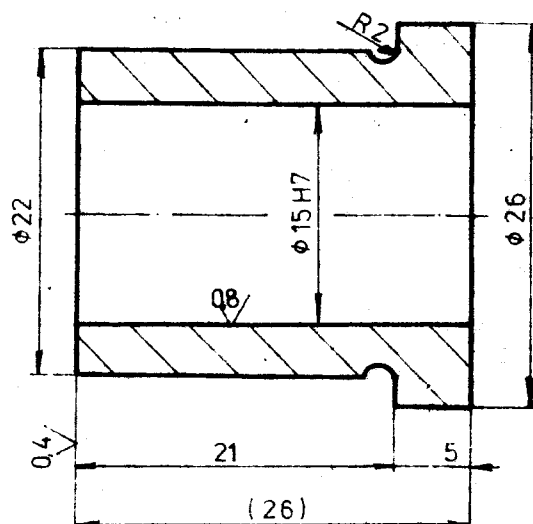
2	15-15	ČSN 42 5510	11 500.0	001	0,03	26					
Název	Název - číslo	Polotovár	Mater. kód	Mater. výška	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.			
Poznámka				Celková čistá váha kg							
2:1	Kreslí	Prohládky	Mater. ref.	Výr. projekt	Č. měřku	Č. transp.	a	x			
							b	x			
							c	x			
							d	x			
Dne 15.5.1984				Poslední a typy				Změna	Datum	Podpis	Index
Typ		Skupina		Starý výkres		Nový výkres					
Název		KROUŽEK		KTP-01-05							
PRECIOSA		národní podnik		Jablonec n. N.							



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

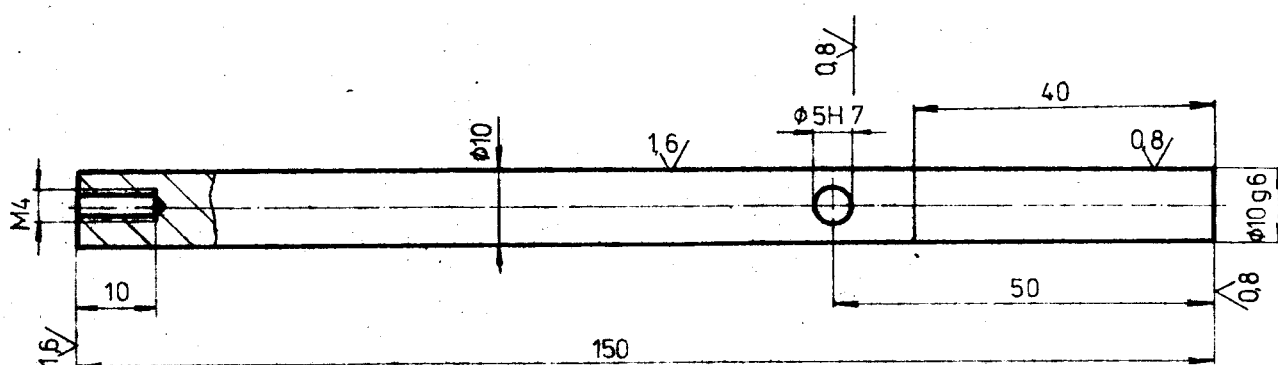
1	Ø 42 - 22	ČSN 42 5510	11 500.0	001	0,24	27			
Číslo listu	Název - rozměr	Paletovar	Motor. kosač	Motor. výheř	Výř. odpověď	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Číslová část váha kg					
Měřítko 2:1	Kreslil	<i>Fajlah</i>	Č. změna					a	x
	Prostřední							b	x
	Norm. ref.							c	x
	Výr. projedn.	Schválil						d	x
		Dne 15.5.1984	Č. transp.	Použito u typu	Změna	Datum	Podpis	Index	
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.		Typ	Skupina	Starý výkres	Nový výkres				
		Název KOTEVNÍ DESKA VYHAZOVAČŮ		KTP- 01-06					

1,6 / 0,8 / 0,4)

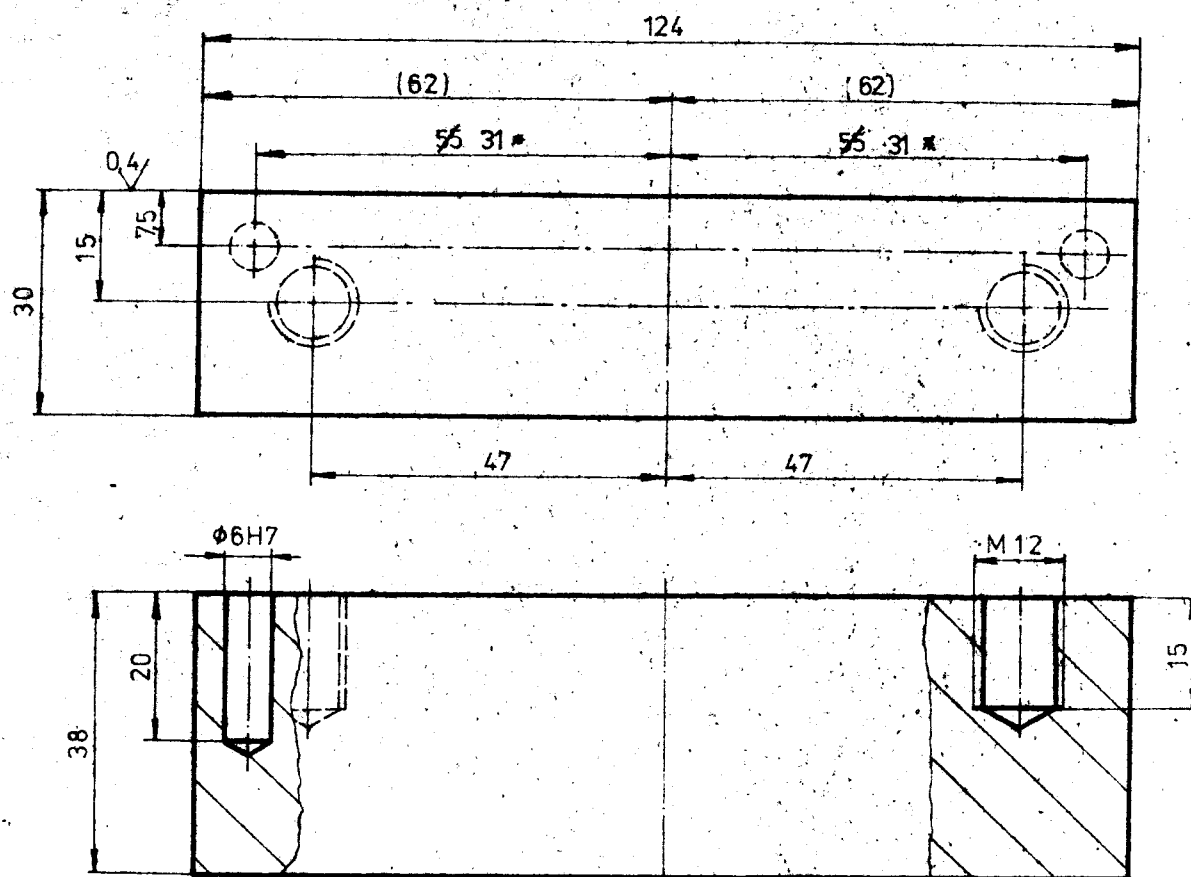


2	Ø28-28	ČSN 42 5516	12 050.4	002	0,14	29					
Jméno kresl.	Název - rozměr	Polstrovan	Motor: kreslení	Motor: výkres	Tab. výkres	C. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.		
Poznámky				Celková štět váha kg							
2:1	Materiál	Kovadl	Fabrik	C. výroba					a	x	
	Přehled								b	x	
	Norm. ref.								c	x	
	Výr. projekt.	Selvátil		C. transp.					d	x	
		Dne 15.5.1984		Použití a typu		Změna		Datum		Podpis	Index
PRECIOSA národní podnik - Jablonec n. H.		Typ	Skupina	Starý výkres		Nový výkres					
		Název	POUZDRO		KTP - 01-07						

3,2 / 1,6 / 0,8 /
 ✓ (✓, ✓)



2	Ø 12 - 155	ČSN 42 5516	12 050.4	002	0,13	28		
Název	Název a rozměr	Podpis	Mater. označení	Mater. výkres	Č. výkru	H. výkru	Číslo výkru	Pos.
Poznámky				Celková čistá váha kg				
Měřítko 1:1	Kreslil	Provedení	Č. změny				a	x
	Norm. roz.						b	x
	Výr. proved.	Schválil	Č. změny				c	x
		Den 15.5.1984					d	x
Použití a typ		Změna	Datum	Podpis	Index			
Starý výkres		Nový výkres						
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.		Typ Název VYHAZOVAČ		KTP-01-08				

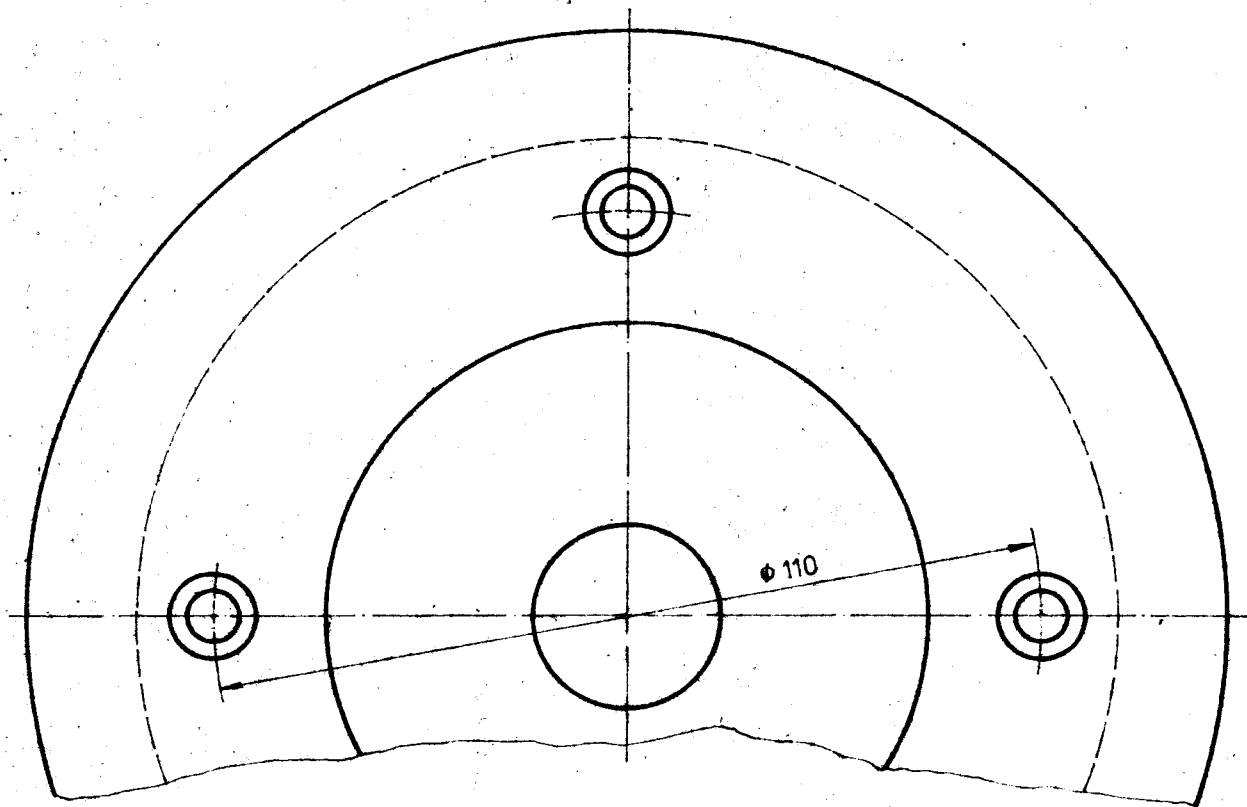
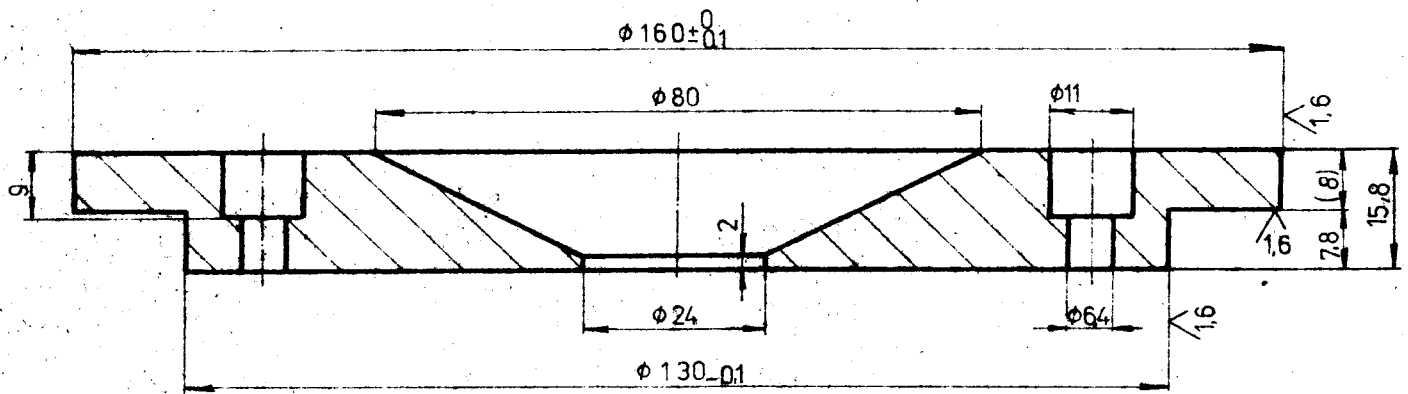


1,6 (0,4)

SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	130x40-32	ČSN 42 5522	11 373.0	001	1,31	45			
Počet kusů	Název - rozměr	Podoba	Motor. označení	Motor. výchozí	Tržba odpadu	C. váha	H. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítko 1:1	Kreslil	Fabian	C. změna	№	Změna rozměru	24.5.84	Fabian	a	x
	Prostřední							b	x
	Norm. ref.							c	x
	Výr. projedn.	Schválil	C. změna					d	x
		Dne 15.5.1984		Použito v type	Změna	Datum	Podpis	Index	
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.		Typ	Štápis	Starý výkres		Nový výkres			
Název DESKA		KTP-01-09							

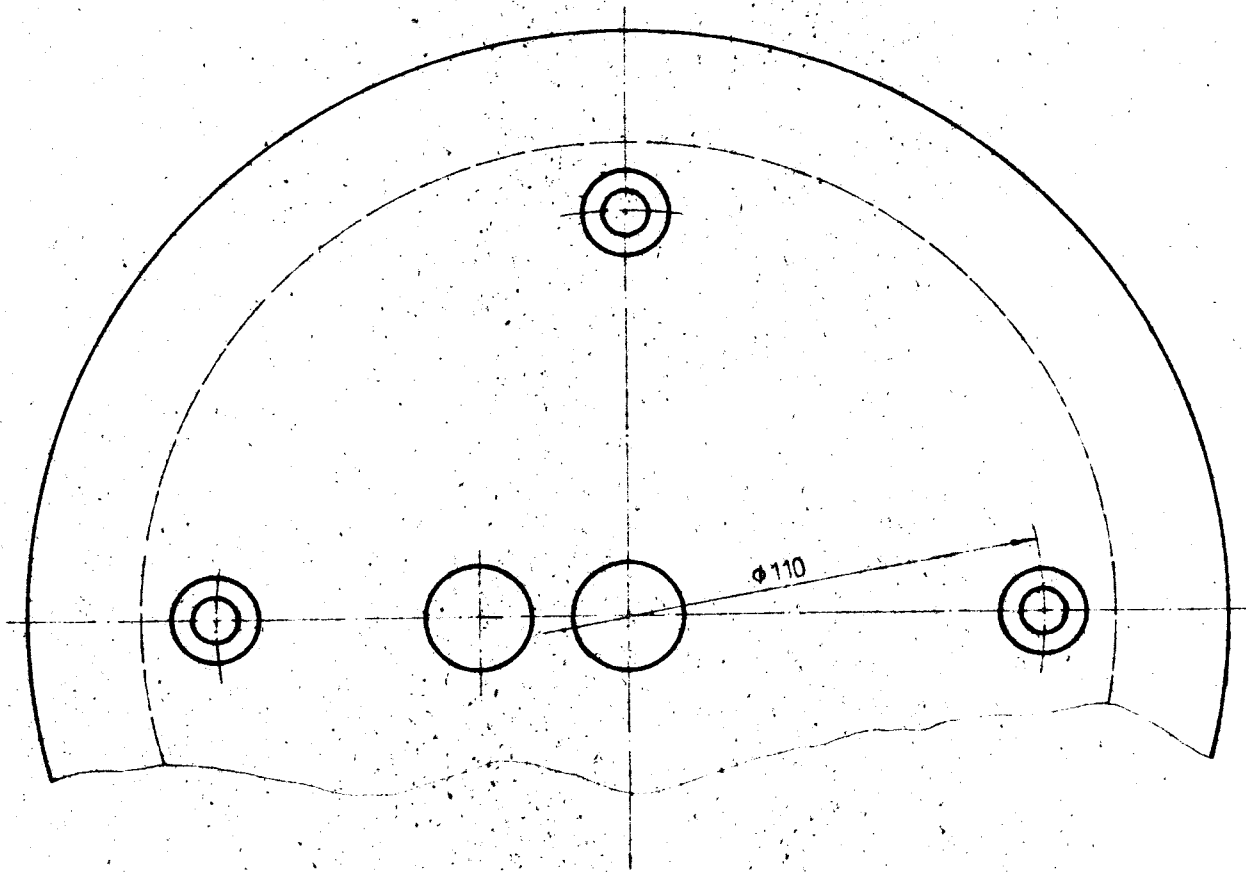
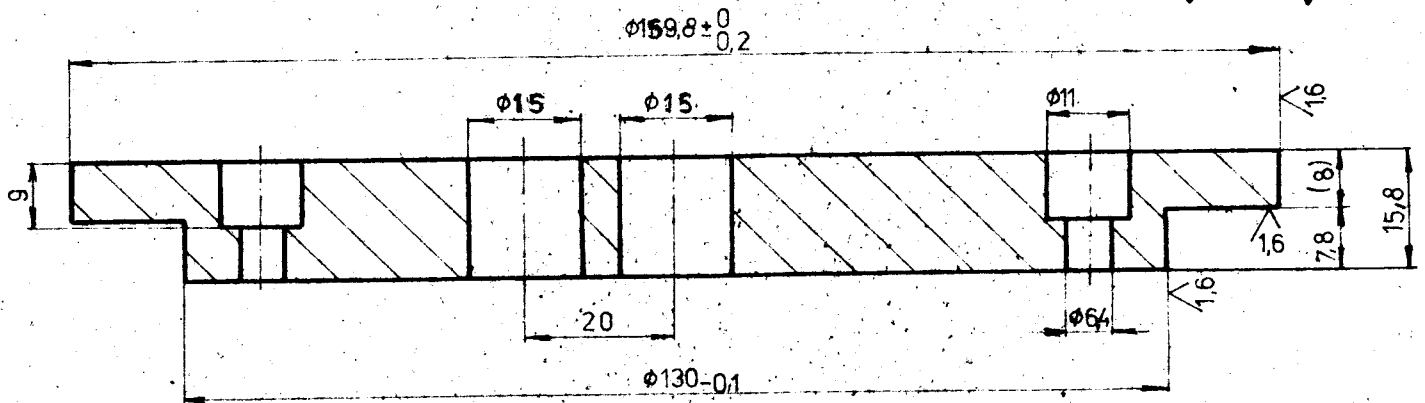
3,2 / (1,6)



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	170-20	ČSN 42 5510	11 5000	001	3,56	4			
Název - označení		Polotovary	Mater. označení	Mater. výkres	Tab. číslo	Č. váha	M. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámky				Celková část váha kg					
Měřítko 1:1	Kreslí	F. Babák		Č. kresla					
	Prohládky								
	Nam. cel.								
	Výz. proved.	Schválil	C. kresla						
		Dne	15.5.1984						
Typ		Stavba		Pozice a typ		Změna		Datum	
Název		Stavba		Starý výkres		Nový výkres			
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.		STŘEDICÍ KROUŽEK		KTP-01-10					

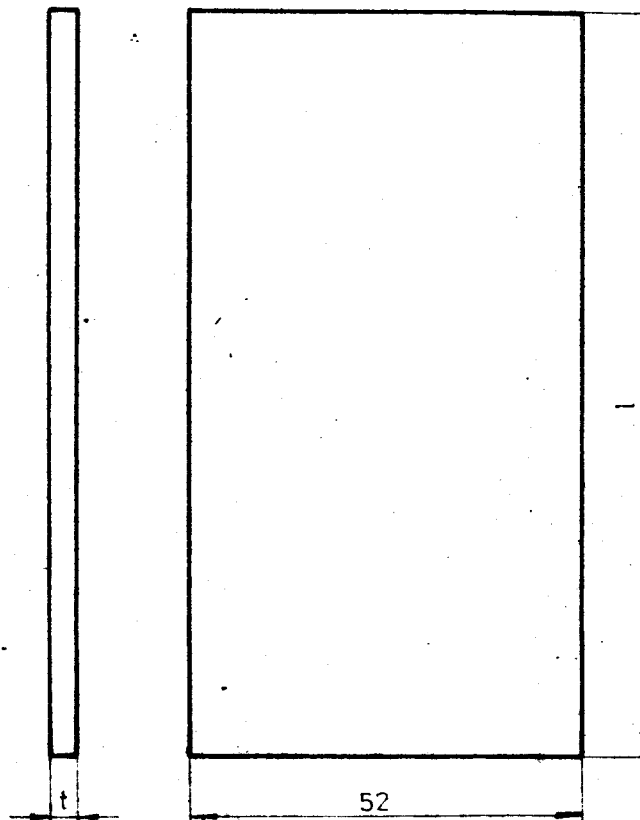
3,2 / (1,6)



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	Ø170 - 20	ČSN 42 5510	11 500.0	001	3,56	5		
Název	Název - rozměr	Podstavec	Mater. označení	Mater. označení	Vel. číslo	Hr. číslo	Číslo výrobku	Pos.
Podstavec				Číslo výrobku				
Měřítko	Kresla	Fabrika	C. číslo					
1:1	Plachetka							
	Norm. ref.							
	Výr. příloha	Schválil	C. číslo					
	Dne	15.5.1984						
Typ		Sloup	Použití v typu		Změna	Datum	Podpis	Index
Název		Starý výkres		Nový výkres				
PRECIOSA		STŘEDÍČÍ KROUŽEK		KTP - 01 - 11				
národní podnik								
Jablonec n. H.								

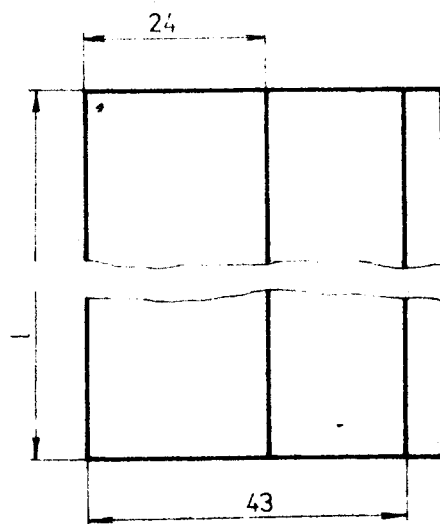
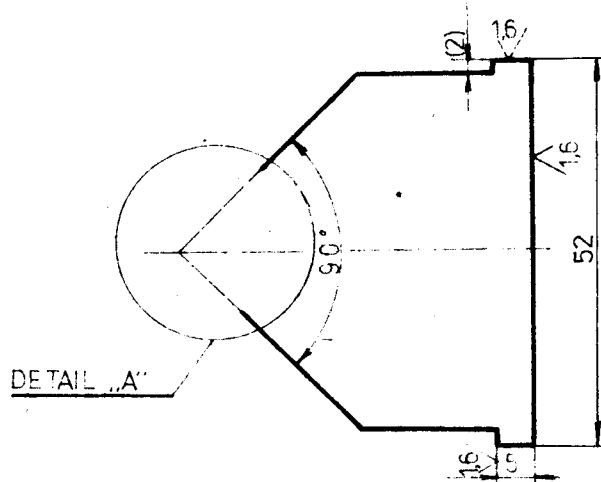
0,4/



PROVEDENÍ:

VARIANTA	t [mm]	l [mm]
1	2	100
2	2	50
3	3,5	100
4	3,5	50
5	5	100
6	5	50

1	1 60x6-460	Č SN 42 5522	11 3730	001	1,3	30		
Název	Název - rozměr	Podstavec	Motor, součást	Mater. výkres	Č. výkres	Hr. výkres	Číslo výkresu	Pos.
Poznámky				Celková část, výkres by				
Měřítko 1:1	Kreslí	Fabian	Č. změny				a	x
	Prošetřitel						b	x
	Norm. ref.						c	x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. změny				d	x
		Dne	15.5.1984	Použití o typu	Změna	Datum	Podpis	Index
Typ Název		Stupeň		Starý výkres		Nový výkres		
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.		PODLOŽKA		KTP-01-12				



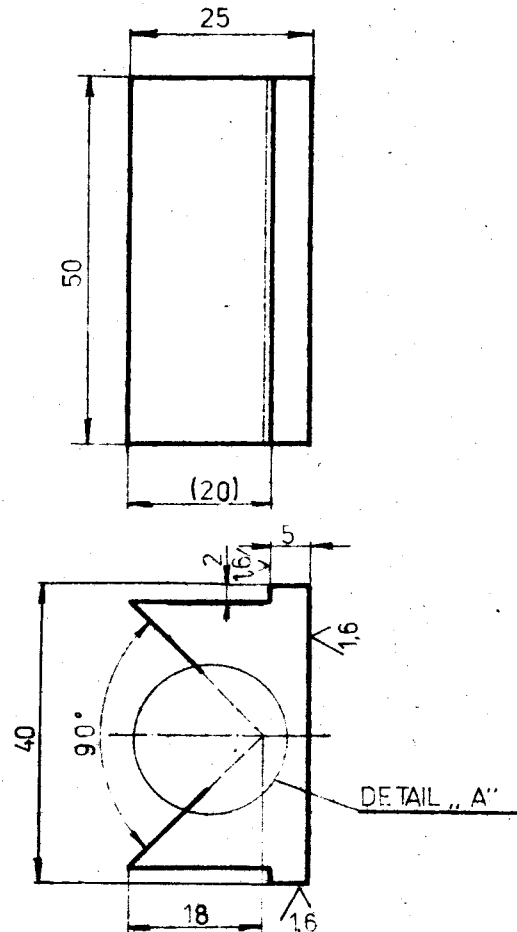
0,4 (1,6)

PROVEDENÍ: (1:2)

VARIANTA	l [mm]	POČET KUSU	DETAIL „A“	
1	100	1		OSTRÝ
2	50	1		ROH
3	100	1		RÁDIUSOVÉ ZAKONČENÍ
4	50	1		
5	100	1		
6	50	1		
7	100	1		
8	50	1		
9	100	1		
10	50	1		
11	100	1		
12	50	1		

1	160x50-55	ČSN 42 5524	11 370.0	001	3,45	8
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	Č. váha	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg		
Měřítko	Kreslil	Č. snímku			a	x
1:1 (1:2)	Přezkoušel				u	x
	Norm.ref.				c	x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.		d	x
	Dne 15.5.1984			Použito u typu	Změna	Datum
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.		Typ	Skupina	Starý výkres	Nový výkres	
VLOŽKA TVÁRNÍKU		KTP-01-13				

0,4 (16)



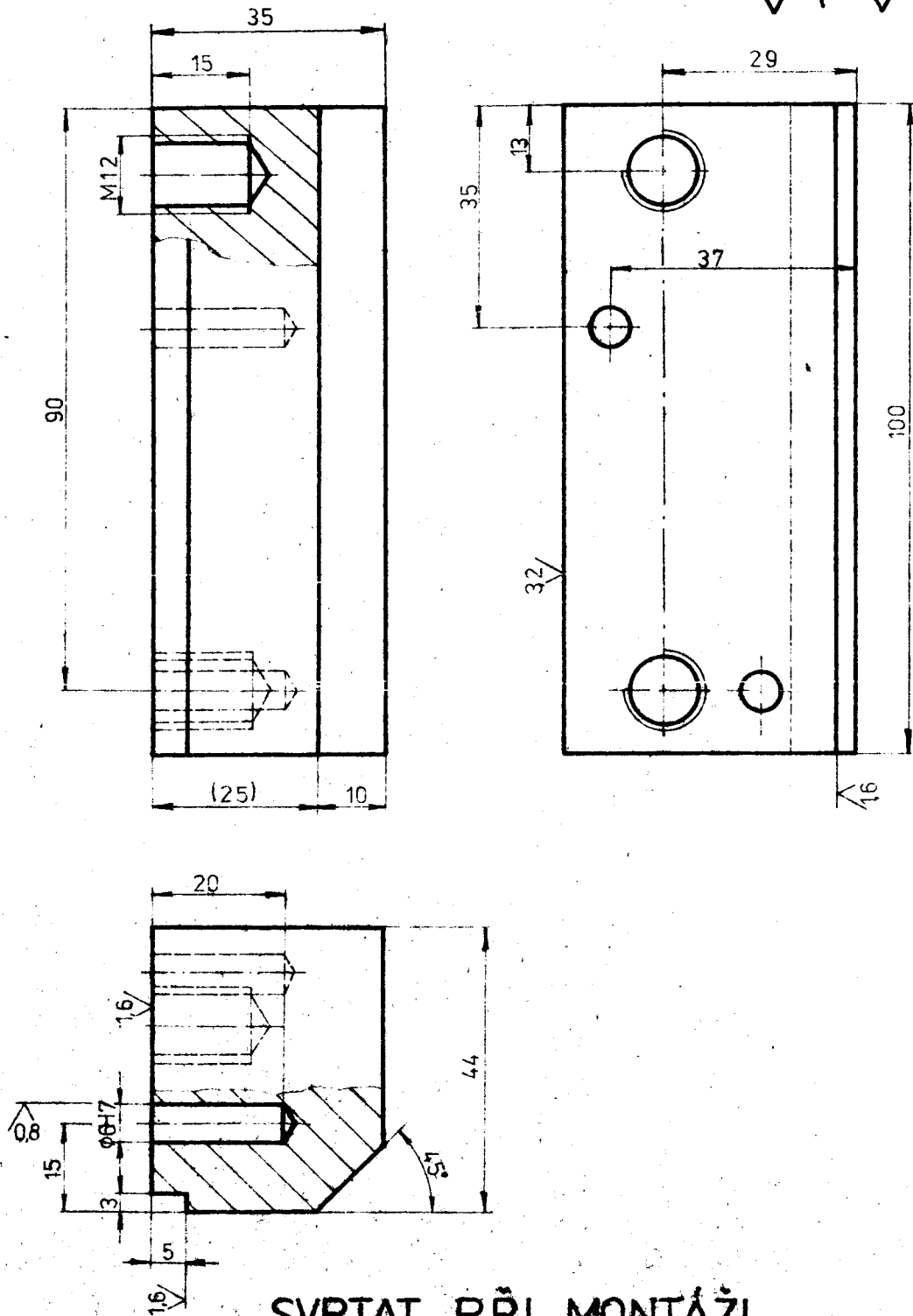
PROVEDENÍ:

(1 : 2)

VARIANTA	DETAIL „A“		POČET KUSŮ
1		RÁDIUSOVÉ ZAKONČENÍ	1
2			1
3			1
4		OSTRÝ ROH	1

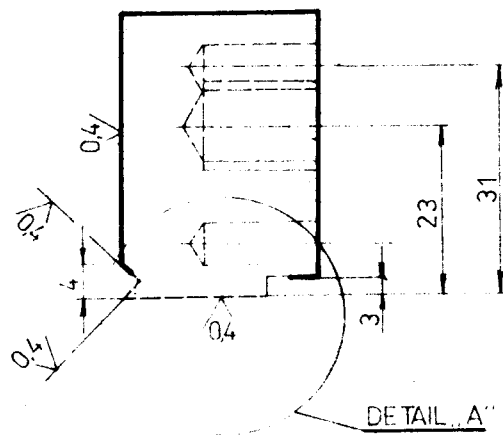
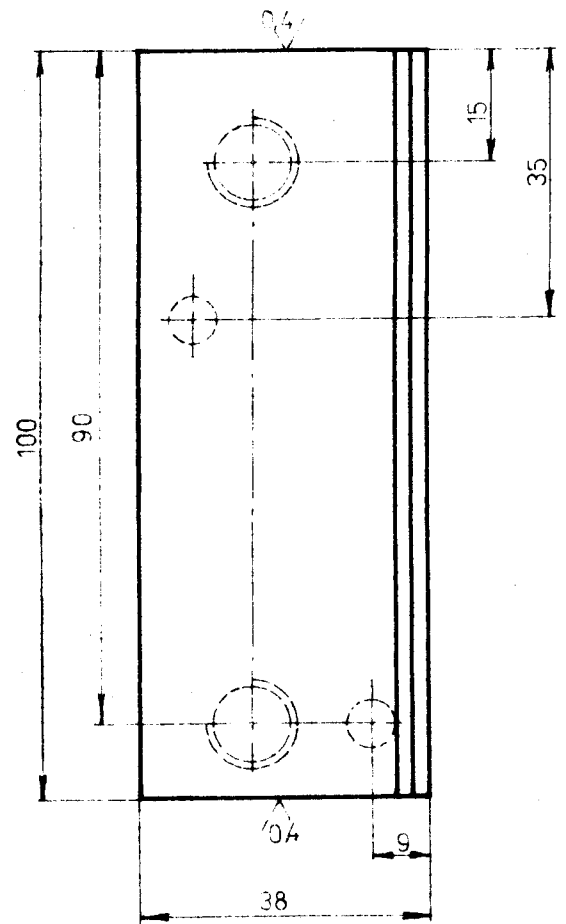
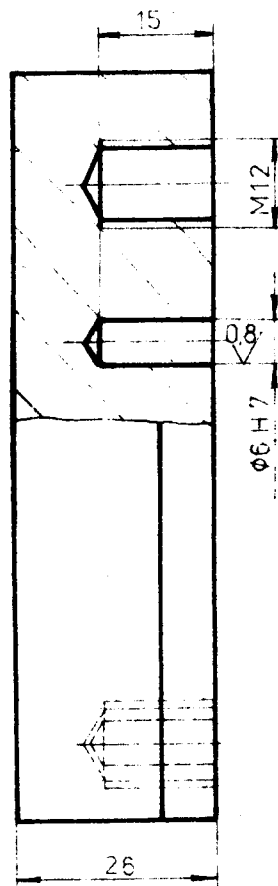
1	± 95 × 30 - 55	ČSN 42 5522 11 37 3.0	001	Q58	11
Jméno last	Název - rozměr	Podstava	Mater. označení	Míst. výchozí	Číslo výkresu
Pozice	Celkové číslo výkresu				
Měřítko	Kód	Fabian	C. měř.		
1:1	Prostředí				
(1:2)	Norm. rel.				
	Výt. projekt.	Sálivský	C. transp.		
	Dne	15.5.1984			
Použití v typu		Změna	Datum	Podpis	Index
Starý výkres		Nový výkres			
Typ		Název			
PRECIOSA		VLOŽKA TVÁRNICE			
národní podnik		KTP-01-14			
Jablonec n. H.					

0,4/ (0,8/ , 1,6/ , 3,2/)



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

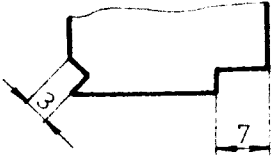
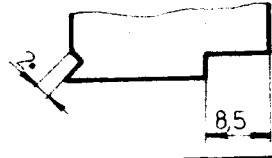
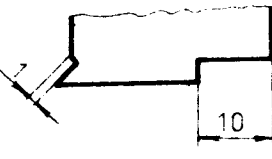
1.	≠ 110×40-50	ČSN 42 5522	11 3730	001	1,38	17		
Název - rozměr		Paletový	Mat. označení	Mat. výčet	Č. váh	H. váh	Číslo výkresu	Pos.
Poznámky				Celková čistá váha kg				
Měřítko 1:1	Kreslí	Projedl	Norm. ref.	Výr. projedl.	Schválil	Dne	15.5.1984	
	F. S. J. J.		C. m. n. k. s.	C. t. r. a. n. s. p.				
	Použití a typ		Změna	Dotom	Podpis	Index		
	Starý výkres		Nový výkres					
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.		Typ Název TVÁRNICE II.		KTP-01-15				



DETAIL A

1,6 / (0,4 , 0,8)

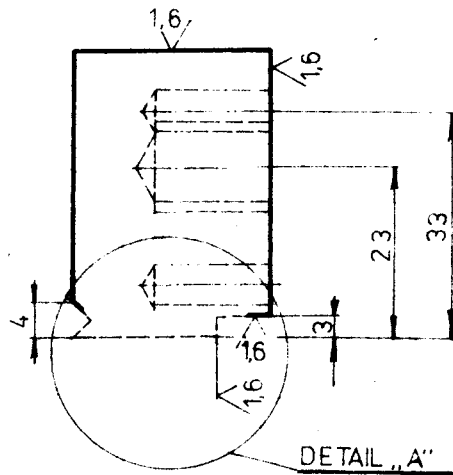
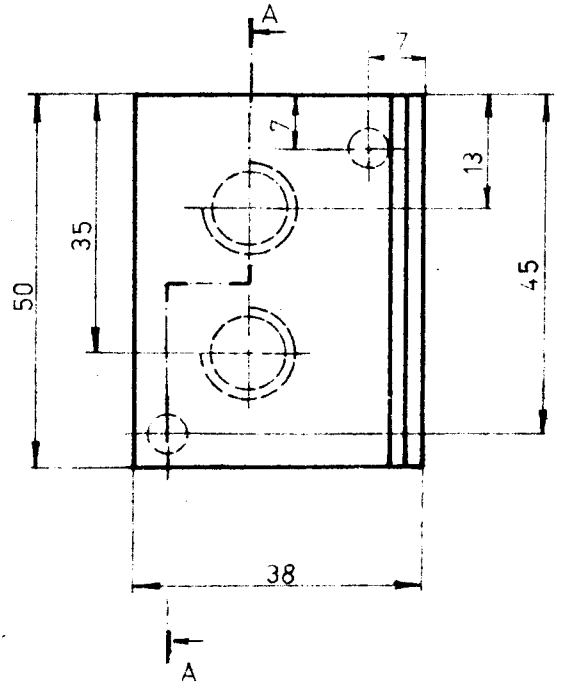
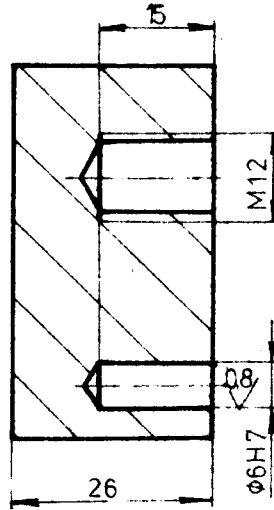
PROVEDENÍ:

VARIANTA	DETAIL „A“	POČET KUSŮ
1		1
2		1
3		1

SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	Ø 110 × 30-40	ČSN 42 5522	11 373.0		001		1,04		12	
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	Tr. odpad	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.	
Poznámka				Celková čistá váha kg						
Měřítka 1:1	Kreslil	<i>Fabian</i>	Č. snímku						a	x
	Přezkoušel								b	x
	Norm.ref.								c	x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.						d	x
	Dne 15.5.1984									
Použito u typu		Změna		Datum		Podpis		Index		
Typ		Skupina		Starý výkres		Nový výkres				
Název		TVÁRNÍK I.		KTP-01-16						
PRECIOŠA národní podnik Jablonec n. N.										

A-A



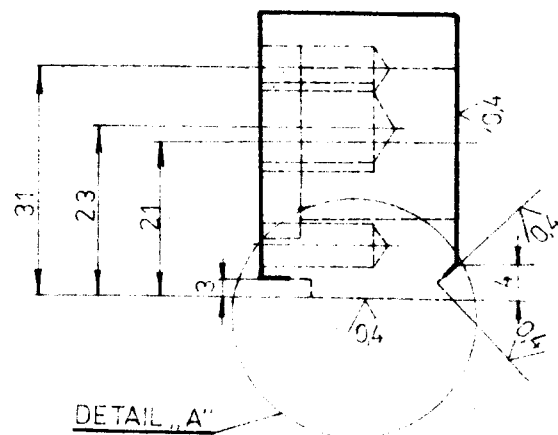
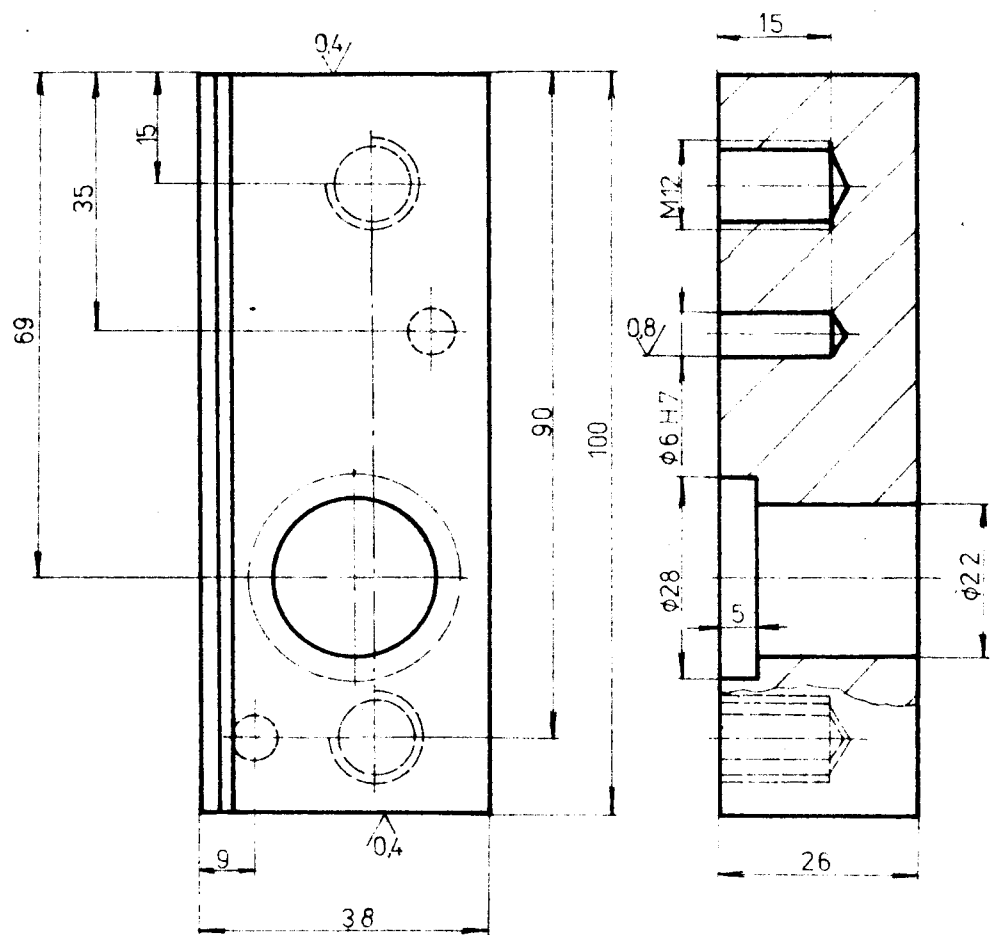
0,4/ (0,8/ 1,6/)

PROVEDENÍ :

VARIANTA	DETAIL „A“	POČET KUSŮ
1		1
2		1
3		1

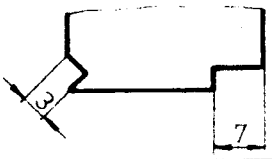
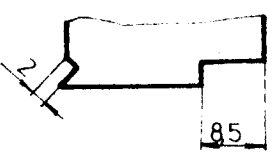
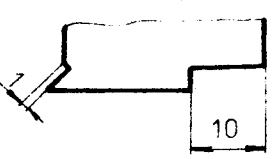
SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	45 x 30 - 55	ČSN 42 552 2	11 373		001		0,03		14
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovary	Mat. konečný	Mat. výchozí	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.	
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítko 1:1	Kreslil	Fabian	Č. snímku					a	x
	Přezkoušel							b	x
	Norm. ref.							c	x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.					d	x
		Dne 15. 5. 1984		Použito u typu	Změna	Datum	Podpis	Index	
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.		Typ	Skupina	Starý výkres		Nový výkres			
		Název	KTP-01-17						



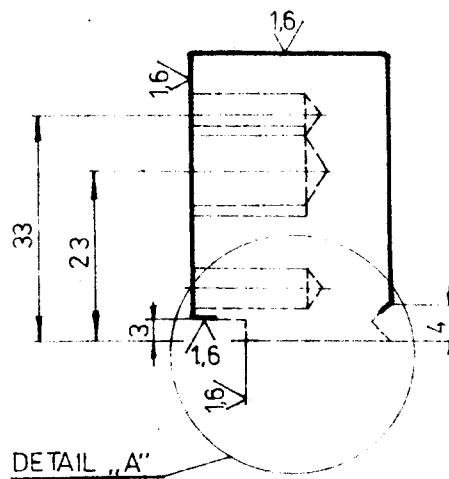
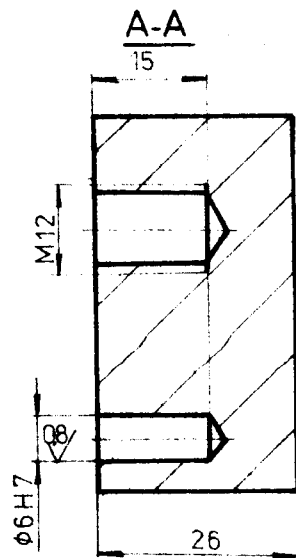
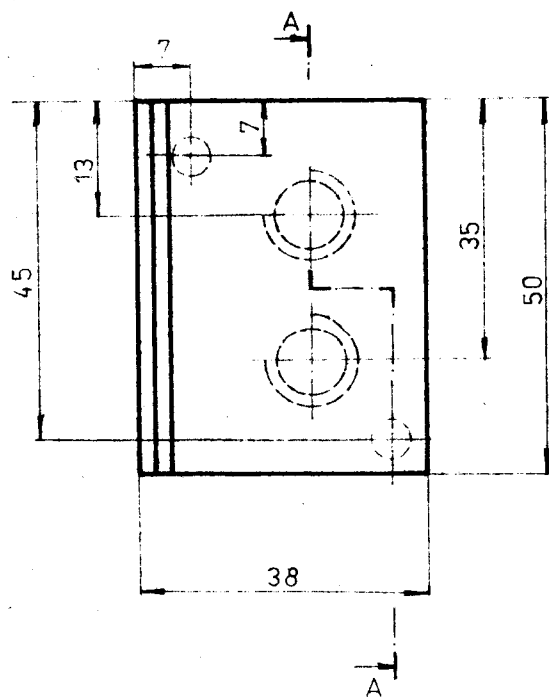
1,6 / (0,4 / 0,8)

PROVEDENÍ :

VARIANTA	DETAIL „A“	POČET KUSŮ
1		1
2		1
3		1

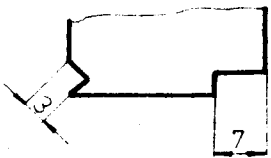
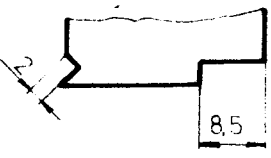
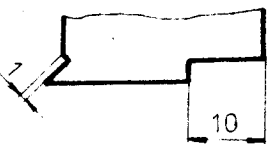
SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	# 110x30-40	ČSN 42 5522	11 373.0		001		1,04		13
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	Tř. odpal.	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítko 1:1	Kreslil	<i>Fabian</i>	Č. snímku					a	x
	Přezkoušel							b	x
	Norm. ref.							c	x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.					d	x
		Dne 15.5.1984		Použito u typu	Změna	Datum	Podpis	Index	
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.		Typ	Skupina	Starý výkres		Nový výkres			
TVÁRNÍK II.		KTP-01-18							



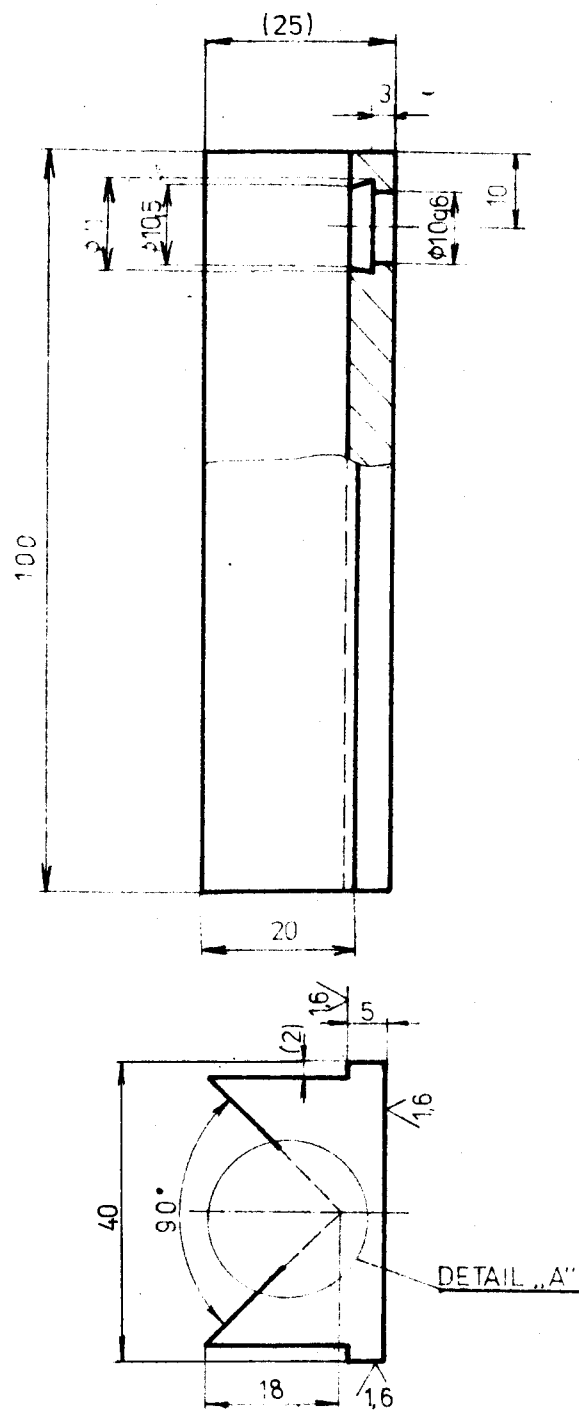
0,4/0,8/1,6/

PROVEDENÍ:

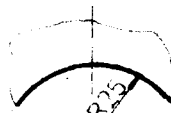
VARIANTA	DETAIL „A“	POČET KUSŮ
1		1
2		1
3		1

SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	#45 x 30 - 55	ČSN 42 5522	11 373.0		001		0,03		15		
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	odp.	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.		
Poznámka				Celková čistá váha kg							
Měřítko 1:1	Kreslil		Č. snímku						a	x	
	Přezkoušel									b	x
	Norm.ref.									c	x
	Výr. projedn.	Schválil		Č. transp.						d	x
	Dne 15.5.1984										
Typ		Skupina		Použito u typu		Změna		Datum	Podpis	Index	
Název				Starý výkres		Nový výkres					
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.		TVÁRNÍK IV.		KTP- 01-19							



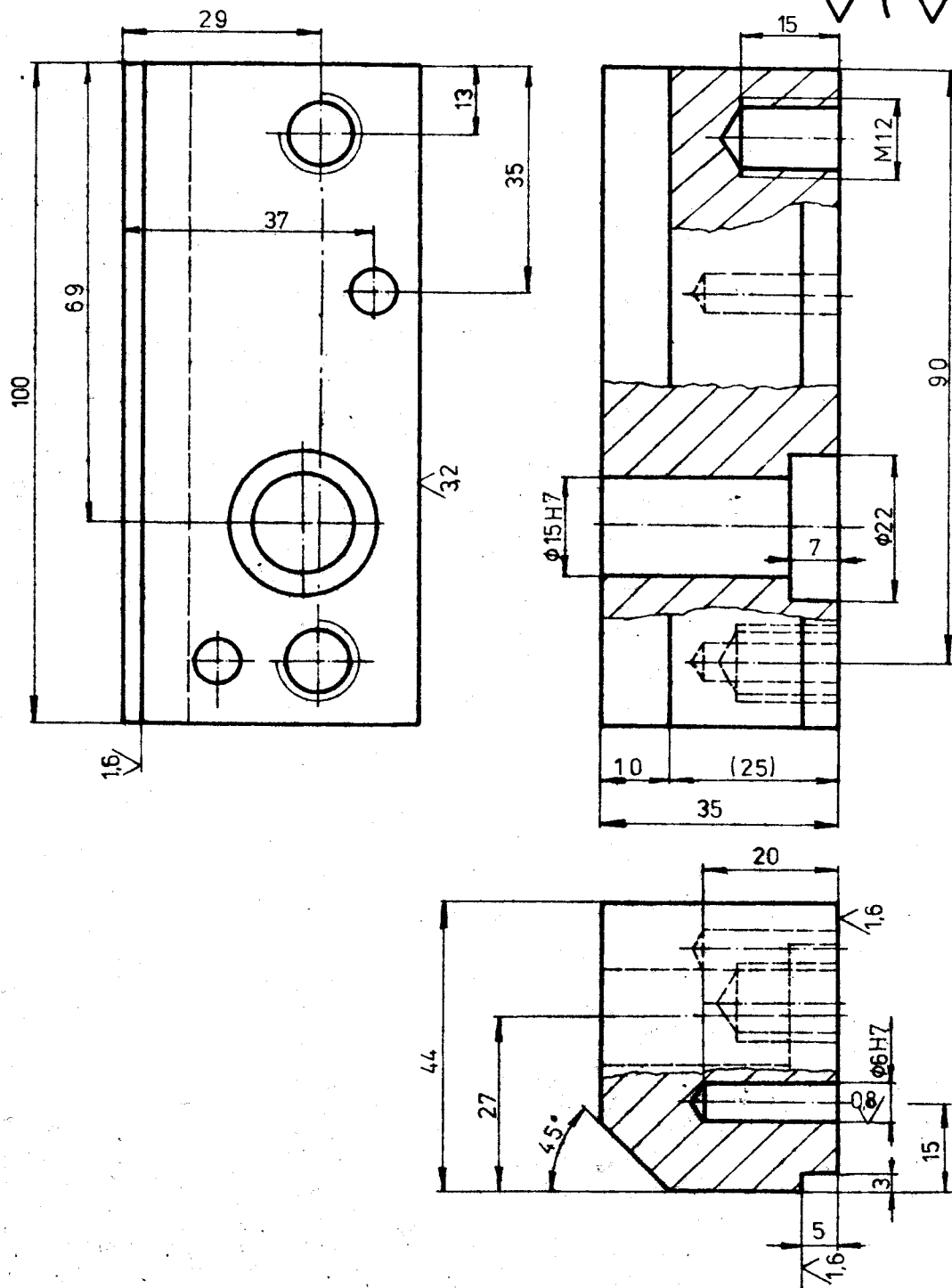
0,4 (1,6)

VARIANTA	DETAIL „A“	POČET KUSŮ
1		1
2		1
3		1
4		1

RÁDIUSOVÉ
ZAKONČENÍ

OSTRÝ
ROH

1	# 45 x 30 - 105	ČSN 42 5522	11 373.0	001	1,07	10
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	Č. váha	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg		
Měřítko	Kreslil	Č. snímku				a x
1:1	Přezkoušel					b x
(1:2)	Norm.ref.					c x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.			d x
		Dne 15. 5. 1984		Použito u typu	Změna	Datum Podpis Index
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. M.		Typ	Skupina	Starý výkres	Nový výkres	
		Název	KTP - 01 - 20			
		VLOŽKA TVÁRNICE I.				



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

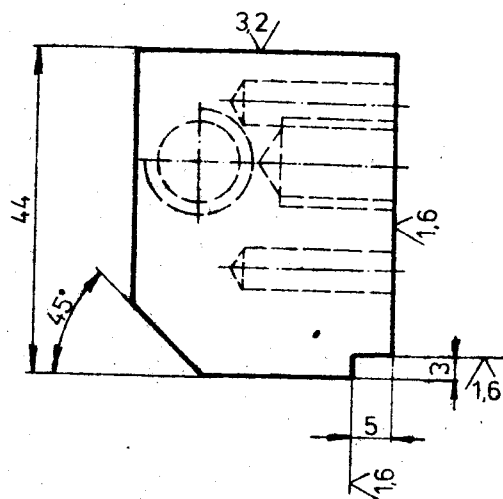
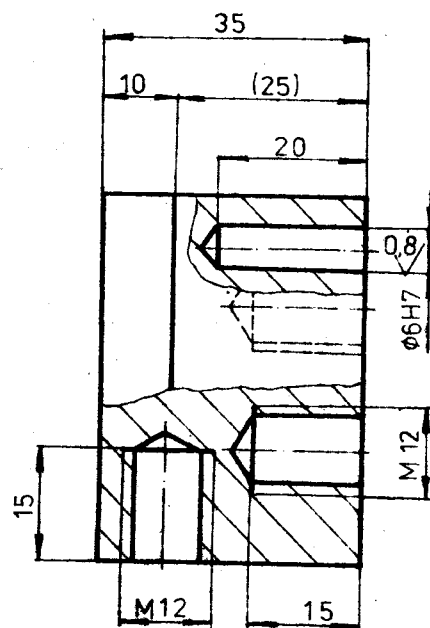
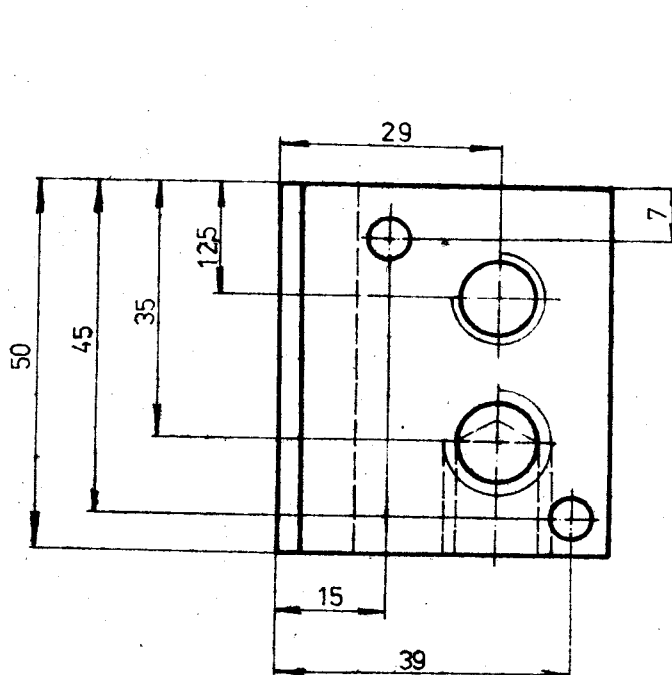
1	z 110x40-50	ČSN 42 5522	11 3730	001	1,38	16
Název	Název - varianta	Podstava	Mat. označení	Mat. výkres	Číslo výkresu	Pos.
Poznámky				Celková hmotnost kg		
Materiál	Kov	Fabian	Č. výroby			a
	Plast					b
	Mater. zvl.					c
	Mater. projev.	Schválil	Č. kresla			d
1:1		Dne 15.5.1984				
Typ		Sloup	Podstava	Změna	Dotisk	Podpis
Název		Starý výkres		Nový výkres		
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.		TVÁRNICE I		KTP - 01-21		

Technical drawing of a mechanical part, likely a bracket or support, showing dimensions in millimeters. The drawing includes a top view and a side view. Key dimensions are:

- Overall width: 50 mm
- Overall height: 45 mm
- Distance from top edge to center of the upper hole: 35 mm
- Distance from top edge to center of the lower hole: 125 mm
- Distance between the two holes: 29 mm
- Distance from the left edge to the center of the lower hole: 39 mm
- Distance from the left edge to the center of the upper hole: 15 mm
- Thickness of the part: 7 mm

1	4HR 55-40	ČSN 42 5520	11 370.0	001	0.95	19			
Podl. list	Název - rozměr	Paleta	Motor, ložisko	Motor, výčnost	Úhly odpru	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítka 1:1	Kreslí	Fábrik	Č. měřítka					a	x
	Prozkontol							b	x
	Norm. ref.							c	x
	Výr. proved.	Schválil	Č. transp.					d	x
	Dne 15.5.1984								
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.	Typ	Skupina	Starý výkres		Nový výkres				
	Název	TVÁRNICE IV.							
			KTP - 01-22						

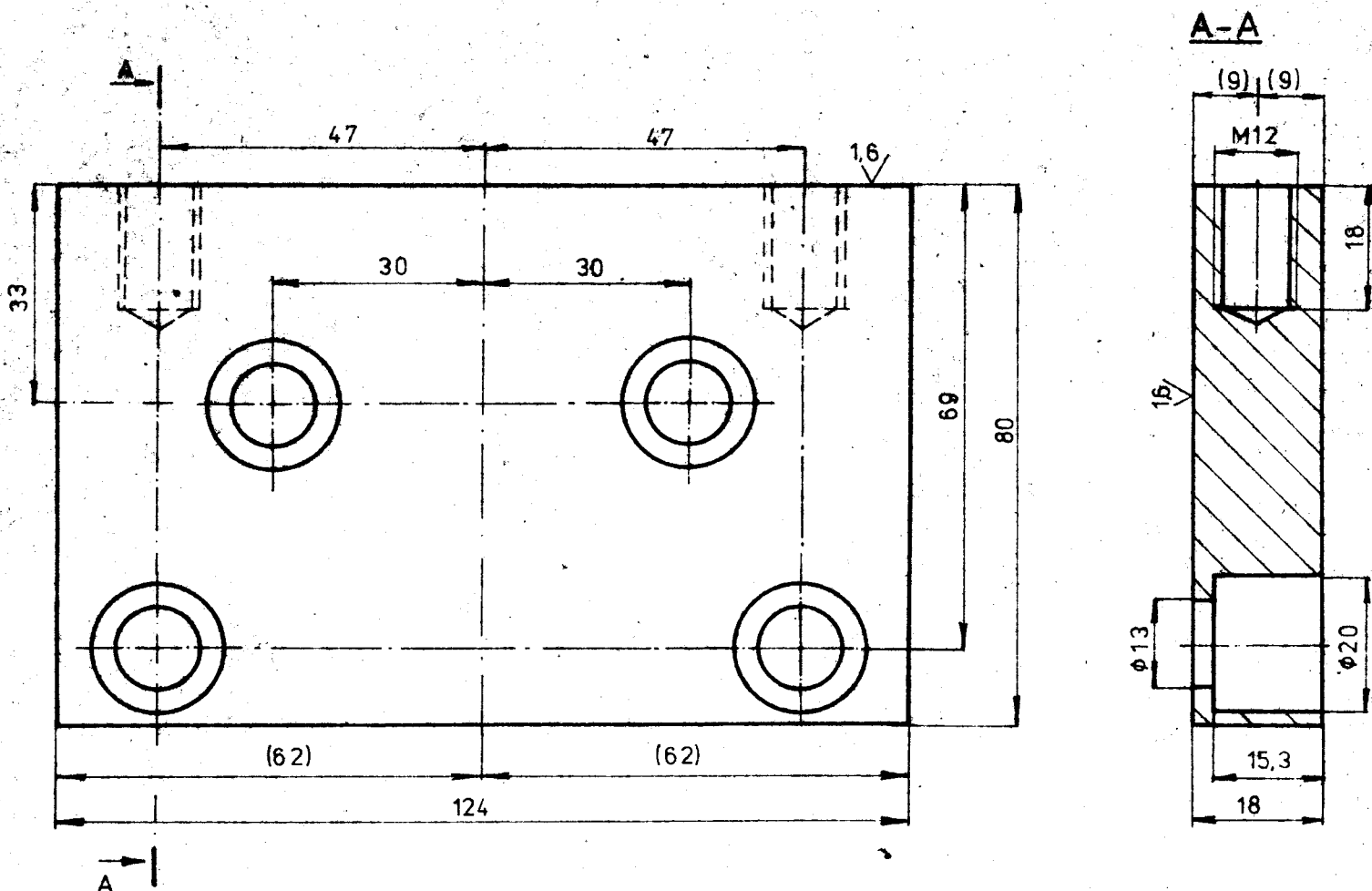
0,4 (0,8, 1,6, 3,2)



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	4HR 55-40	ČSN 42 5520	11 370.0	001	0,95	18		
Název - rozměr	Podstavec	Motor. ložisko	Motor. výška	Podstavec	Č. váha	M. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámky			Celková čistá váha kg					
Měřítko	Kresl	Podstavec	Č. měřítka					
1:1								
Výr. posudek	Schválil	Dne	15.5.1984					
Typ			Skupina					
Název								
PRECIOSA								
národní podnik								
Jablonec n. H.								
TVÁRNICE III.								
KTP-01-23								

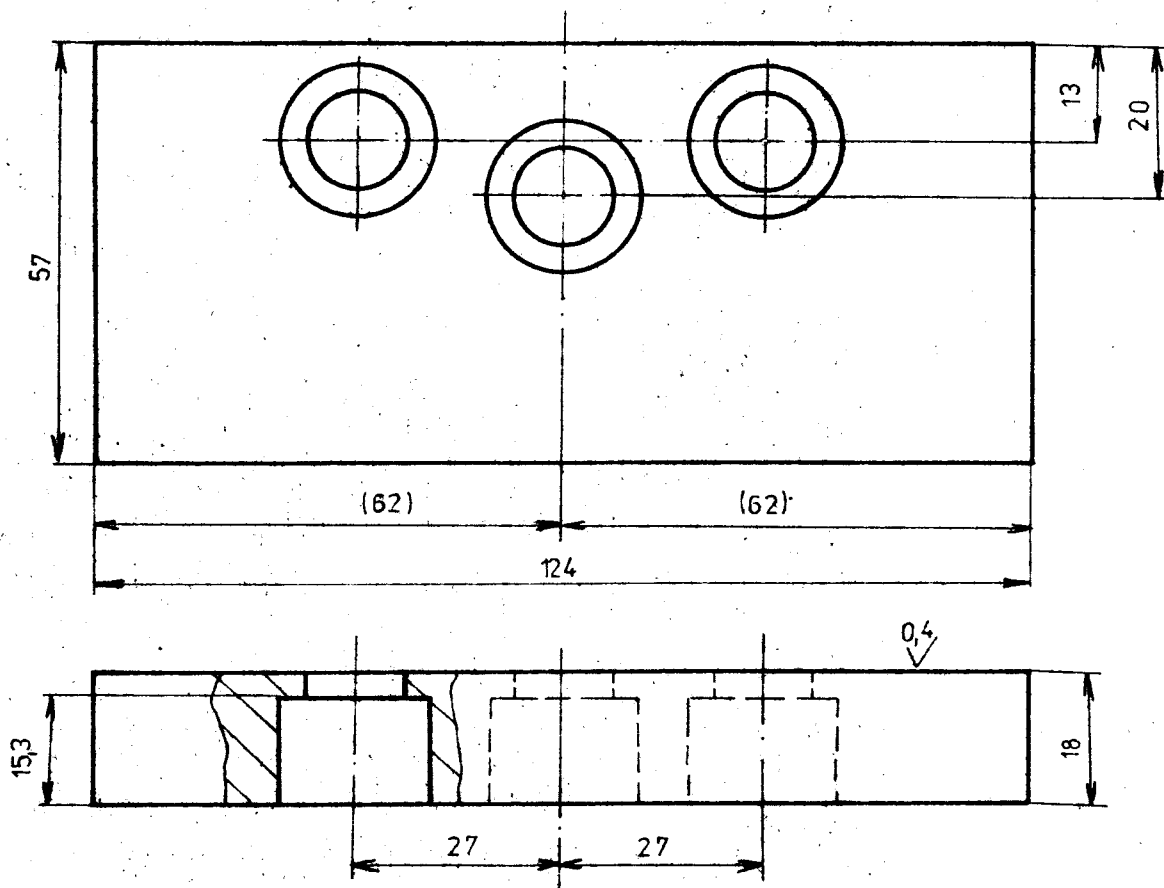
32/1.6



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	≠ 130×20-85	ČSN 42 5522	11 373.0	001	1,74	23			
Pozice listu	Název - rozměr	Polotovár	Motor. bonetný	Motor. výchozí	Ind. odpady	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Poz.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítka 1:1	Kreslil	Fabiš		Č. změna				a	x
	Prokreslil							b	x
	Norm. ref.							c	x
	Výr. projedh.	Schválil	Dne 15.5.1984	Č. transp.				d	x
Typ		Skupina		Použití a typy		Změna	Datum	Podpis	Index
Název		DESKA		Starý výkres		Nový výkres			
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.				KTP-01-26					

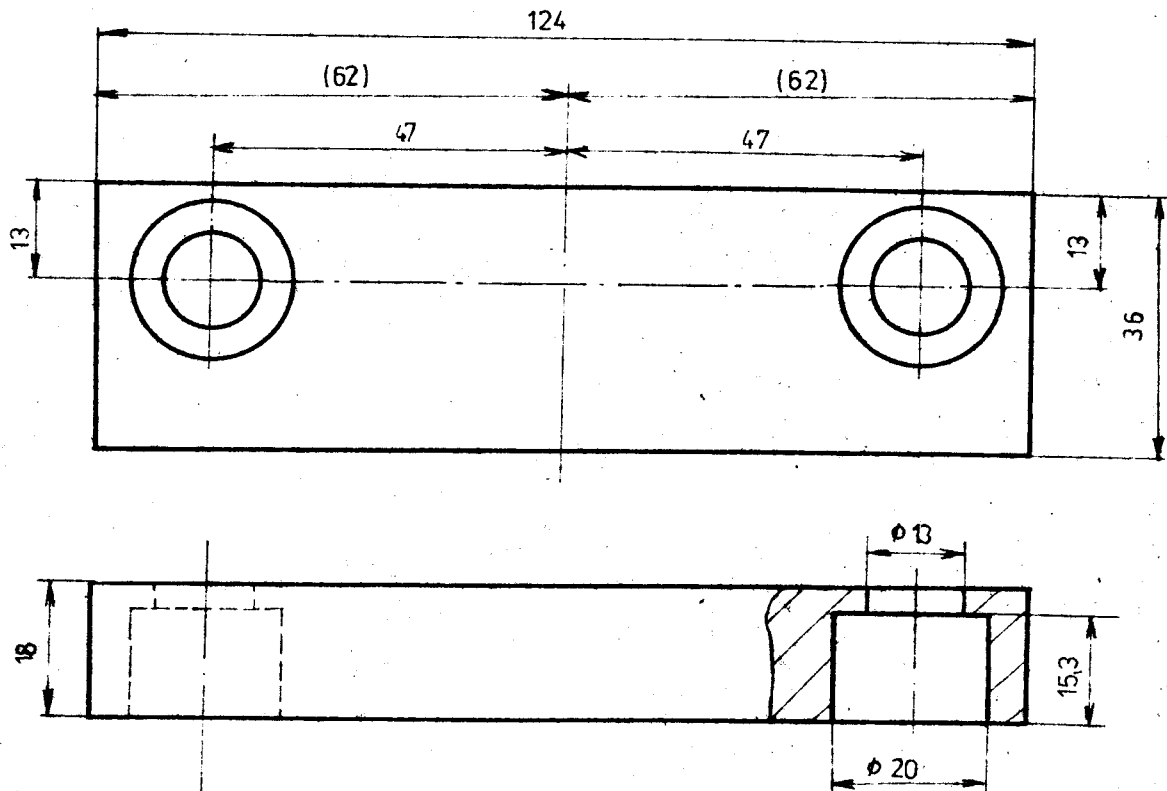
1,6 (0,4)



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

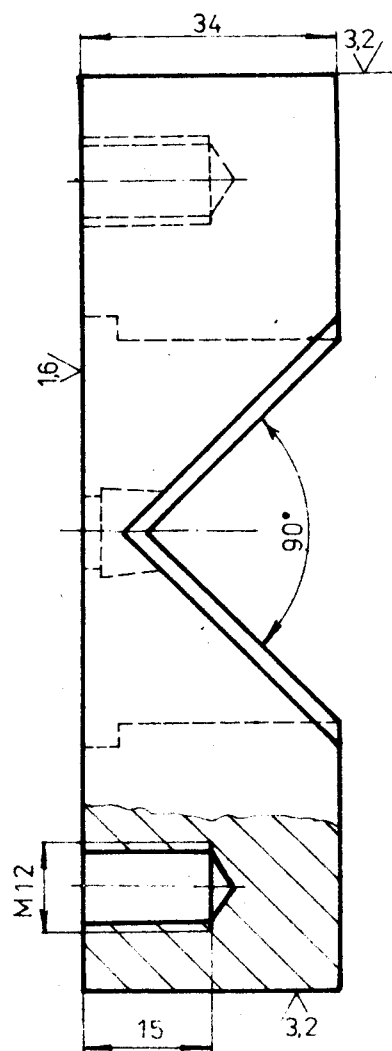
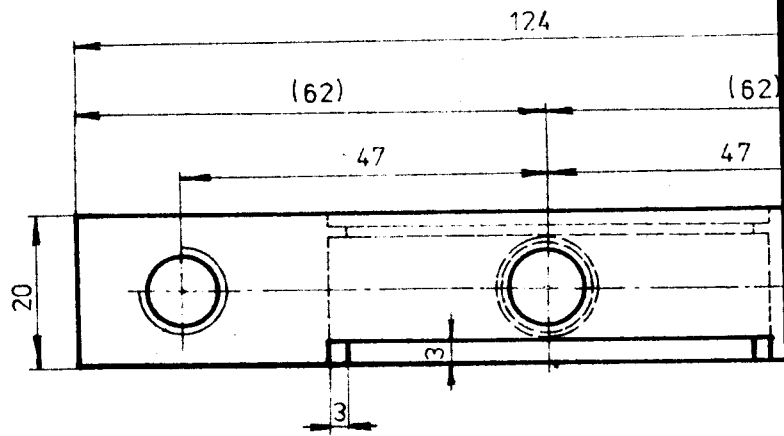
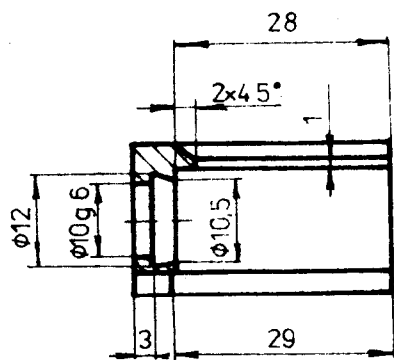
1	130 x 20-60	ČSN 42 5522	11 373.0	001	1,23	24			
Typ kód	Název - rozměr	Podstavec	Motor, kosačka	Motor, výhled	Tab. odměr	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámky				Celková část váha kg					
Měřítko 1:1	Kreslí	<i>Fabian</i>	Č. návrh					a	x
	Prohlášení							b	x
	Nom. rel.							c	x
	Výr. projed.	<i>Schválil</i>	Č. transp.					d	x
		Dat 15.5.1984							
Typ		Štápis	Starý výkres		Nový výkres				
Název		DESKA		KTP-01-27					

PRECIOSA
národní podnik
Jablonec n. H.

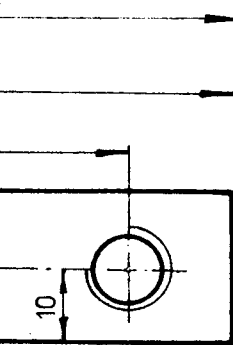


SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	≠ 130 × 20 - 40	ČSN 42 5522	11 373.0	001	0.82	22			
Posuvník	Název - rozměr	Polotovar	Motor, bonafit	Motor, výkon	Tab. údaje	Č. vřta	H. vřta	Číslo výrobku	Př.
Poznámky				Celkové číslo vřta kg					
1:1	Materiál	Kresl	Fabrig	Č. výroby					
	Prostředí								
	Norm. ref.								
	Výv. projeda.	Schvál	Č. inspe.						
		Dne 15.5.1984		Použití v typu		Změna	Datum	Podpis	Index
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. H.		Typ	Skupina	Starý výrobek		Nový výrobek			
		Název	KTP-01-28						
		DESKA							

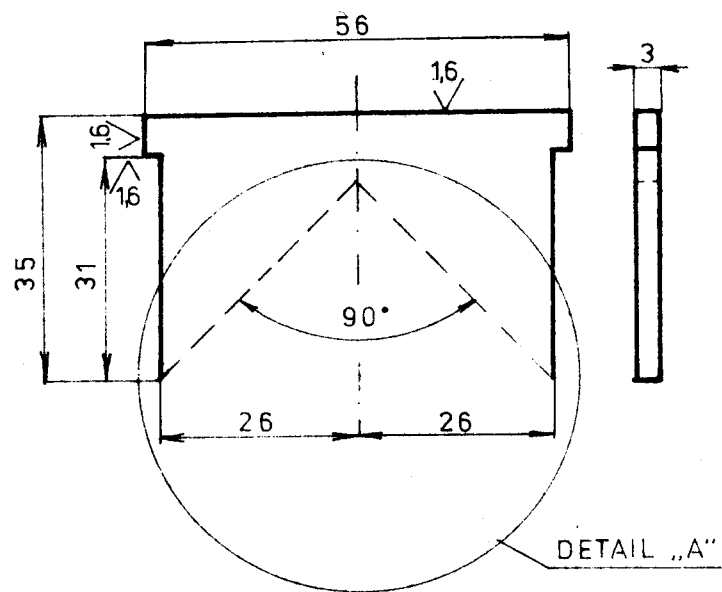


0,4 (16 32)



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	∅ 130×25-38	ČSN 42 5522	11 373.0		001		0,97		20
Počet kusu	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.	
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítko 1:1	Kreslil	<i>K. Vah</i>	Č. snímku					a	x
	Přezkoušel							b	x
	Norm. ref.							c	x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.					d	x
		Dne 15.5.1984							
Typ		Skupina		Starý výkres		Nový výkres			
Název		TVÁRNICE		KTP-01-29					
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.									

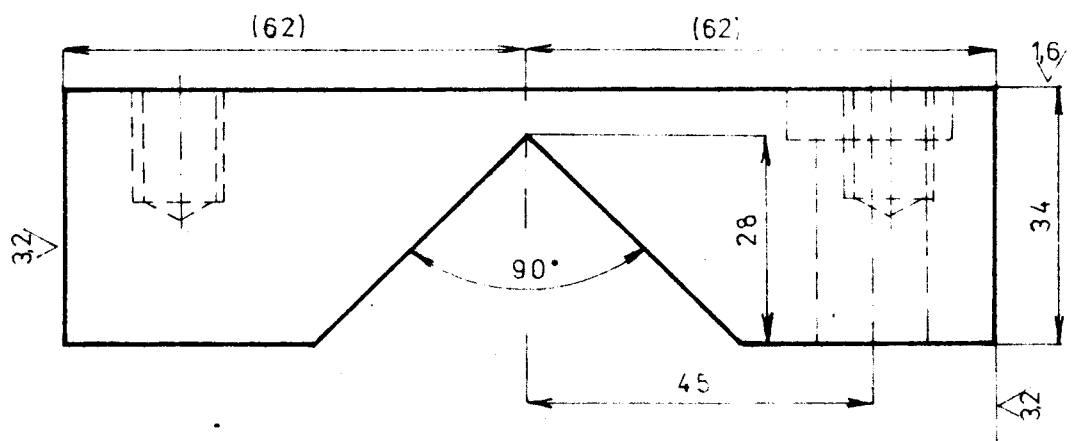
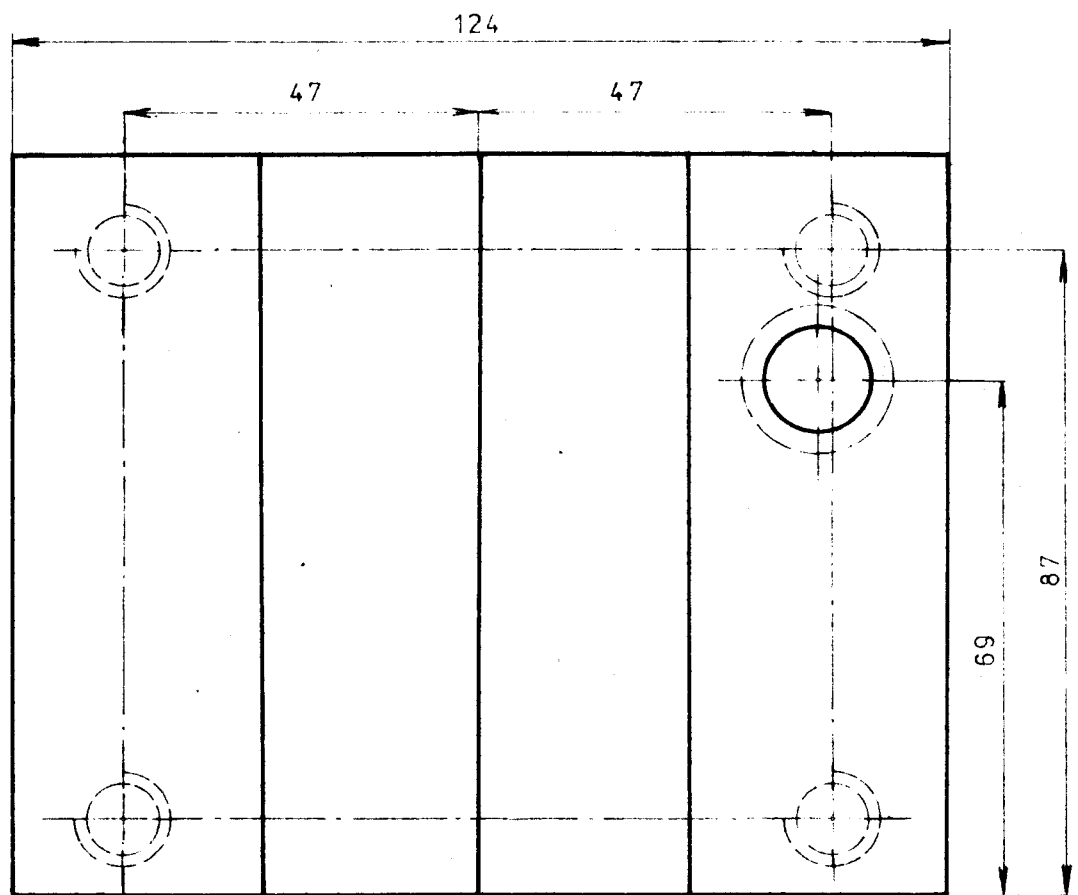


0,4 (16)

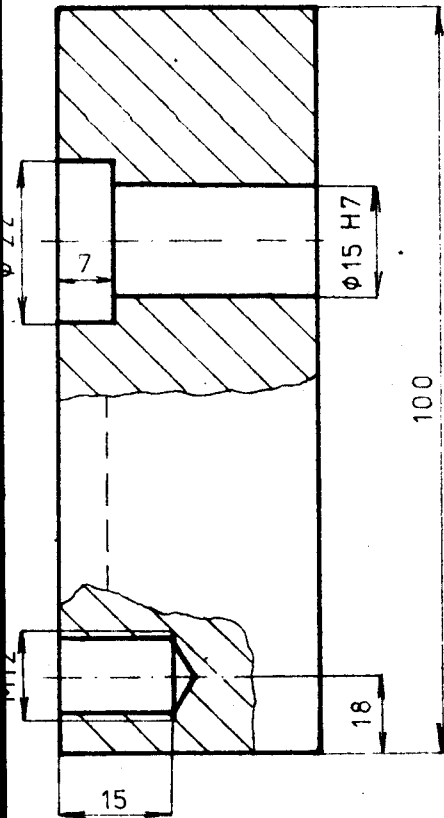
PROVEDENÍ:

VARIANTA	DETAIL „A“	POČET KUSŮ
1		1
2		1
3		1

1	45x5-60	ČSN 42 6522	11 373.0		001		0,11		21
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	Tř. odp.	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.
Poznámka				Celková čistá váha kg					
Měřítko 1:1	Kreslil	<i>Tabian</i>	Č. snímku					a	x
	Přezkoušel							b	x
	Norm.ref.							c	x
	Výr. projedn.	Schválil		Č. transp.				d	x
		Dne 15.5.1984		Použito u typu	Změna	Datum	Podpis	Index	
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.		Typ Název	Skupina	Starý výkres		Nový výkres			
		VTOKOVÁ VLOŽKA		KTP-01-30					



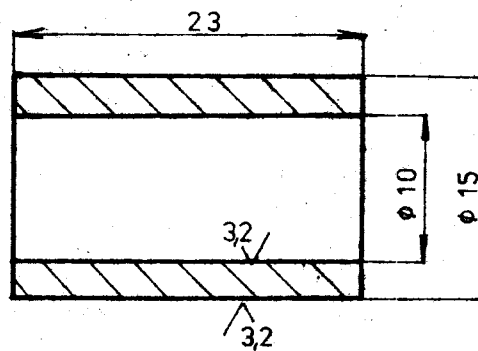
0,4 (1,6 3,2)



SVRTAT PŘI MONTÁŽI

1	z 130x40x110	ČSN42 5522	11 373.0		001		449		7		
Počet kusů	Název-rozměr	Polotovár	Mat. konečný	Mat. výchozí	Tr. odpad	Č. váha	Hr. váha	Číslo výkresu	Pos.		
Poznámka				Celková čistá váha kg							
Měřítko 1:1	Kreslil	Fabian	Č. snímku						a	x	
	Přezkoušel									b	x
	Norm.ref.									c	x
	Výr. projedn.	Schválil	Č. transp.							d	x
	Dne 15.5.1984										
Použito u typu		Změna		Datum		Podpis		Index			
Typ		Skupina		Starý výkres		Nový výkres					
Název		TVÁRNICE		KTP-01-31							
PRECIOSA národní podnik Jablonec n. N.											

1,6 / (3,2)



4	ø 18-25	ČSN 42 5510	11 5000	001	0,05	31	
Podst. kus	Název - rozběr	Polotovce	Mater. označení	Měrný, výkres	Měrný, výkres	Číslo, výkres	Pos.
Drobné				Celkový číselník výkresů			
Měrný	Kresla	Fabrika	Č. výroby			a	x
2:1	Prostřední					b	x
	Mater. pol.					c	x
	Vše. prototyp	Schválil	Č. změny			d	x
		Dne 15.5.1984					
Typ		Skupina		Stav výkresu		Měrný výkres	
Název		ROZPĚRKA		KPT-01-32			
PRECIOŠA							
národní podnik							
Jablonec n. H.							