

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 tématu: KONSTRUKCE VÍCENÁSOBNÉ VSTŘIKOVACÍ FORMY  
SE ZVLÁŠTNÍM ZŘETELEM NA NAVRHOVÁNÍ  
TOKOVÝCH SOUSTAV

Jiří ZAHÁLKA

KPT - 362

Vedoucí práce: Ing. Miloslav Šafařík

KPT - VŠST Liberec

Rozsah práce a příloh

Počet stran: 52

Počet příloh: 4

Počet obrázků: 11

Počet výkresů: 18

Počet modelů: -

Jiné přílohy: -

Liberec dne 10. 5. 1988

Vysoká škola: **strojná a textilní**

Fakulta: .....

**strojná**

Katedra: **tváření a plastů**

Školní rok: .....

**1987/88**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro **s. Jiřího Z a h á l k u**

obor **23 07 - 8 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: **Konstrukce vícenásobné vstříkovací formy se zvláštním zřetelem na navrhování tokových soustav.**

### Zásady pro vypracování:

- 1) Seznamte se s problematikou vstříkování a navrhování forem včetně navrhování vtokových soustav. Seznamte se stávajícím řešením výroby dílce WA 42513 v k.p. Tesla Jihlava.
- 2) Proveďte zpracování návrhu na 16-ti násobnou vstříkovací formu pro díl WA 42513 se zvláštním zřetelem na vtokovou soustavu.
- 3) Vypracujte výkresovou dokumentaci navržené formy včetně detailů. V konstrukci uplatněte přednostně prvky systému RAFO.
- 4) Proveďte zhodnocení dosažených výsledků.

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

Rozsah grafických prací: 40 - 60 stran.

Rozsah průvodní zprávy:

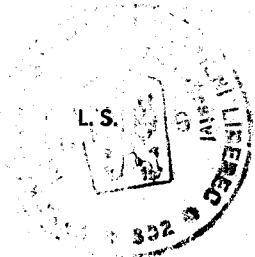
Seznam odborné literatury:


- 1) Kolouch, J.: Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. SNTL Praha, 1986.
- 2) Hendrych, J., Weber, A., Doležel, J.: Standardizace rámu a součástí forem pro vstřikování termoplastů. SNTL Praha 1986.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miloslav Šafařík


Datum zadání diplomové práce: 11. 9. 1987

Termín odevzdání diplomové práce: 10. 5. 1988



  
Doc. Ing. Jaroslav Tměj, CSc.

Vedoucí katedry

  
Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.

Děkan

v Liberci dne 12. 9. 1987

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

*Zdeněk Jirá*

V Liberci dne 10. 5. 1988

Děkuji za cenné rady a připomínky ing. Miloslavu  
Šafaříkovi ke zpracování diplomového úkolu.

*Zabala Jiří*

## OBSAH

1.	ÚVOD	1
2.	TEORETICKÁ ČÁST	3
2.1	Zásady konstrukce vstřikovací formy	3
2.1.1	Násobnost formy	4
2.1.2	Chlazení a temperování formy	4
2.1.3	Odvzdušnění	5
2.1.4	Vyhazování výstřiků	6
2.2	Technologické parametry	7
2.2.1	Dávkování	7
2.2.2	Plastikace	7
2.2.3	Vstřikování	8
2.3	Konstrukční systémy vstřikovacích forem	12
2.3.1	Vývoj do roku 1980	12
2.3.2	Konstrukční systémy vstřikovacích forem užívané v současné době ve státech RVHP	13
2.4	Vlastnosti vstřikovaného materiálu	16
2.5	Vlastnosti tavenin	18
2.5.1	Index toku taveniny	18
2.5.2	Tokové křivky pro smykové rychlosti používané pro vstřikování	20
2.5.3	Spirálová zkouška pro rozsah použitelných vstřikovacích parametrů	21
2.5.4	Křivky teplotní stability	23
2.6	Stávající stav výroby dílce WA 42513 v k. p. Tesla Jihlava	25
2.6.1	Technická data	26
3.	VYPRACOVÁNÍ KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉHO PROJEKTU	28
3.1	Kontrola uzavírací síly a max. objemového zdvihu šneku vstřikovacího stroje	28
3.2	Volba velikosti rámu formy	29
3.3	Údaje o materiálu výstřiku	30

3.4	Volba vtokové soustavy	30
3.5	Vliv vtoků	32
3.6	Ústí vtoku	34
3.7	Návrh vtokové soustavy	35
3.8	Volba vyhazovacího systému	37
3.9	Volba temperovacího systému formy	38
3.10	Uspořádání temperovacích kanálů	39
3.11	Pevnostní výpočty desek rámců forem	40
4.	NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO DÍLEC WA 42513	44
4.1	Konstrukce formy	44
4.2	Funkce formy	44
4.3	Volba materiálu na výrobu formy	45
4.4	Výpočty	45
5.	ZÁVĚR	50
6.	POUŽITÁ LITERATURA	51
7.	PŘÍLOHY	52

## 1. ÚVOD

Plasty či v technické praxi dosud stále nazývané plastické hmoty nabyly v posledních desetiletích takového významu, že dnes patří k nejdůležitějším materiálům umožňujícím racionalizaci a efektivnost mnoha výrobních procesů. Zvláště důležité postavení zaujímají ve strojírenství, kde představují samostatnou skupinu konstrukčních materiálů.

V naší zemi je rozvoji zpracování plastů věnována mimořádná pozornost, což zřetelně ukázaly strmé křivky růstu objemů v posledních dvou pětiletkách. Můžeme s jistotou předpokládat, že i v budoucnu bude u nás probíhat rozvoj zpracovatelských závodů v závislosti na zvyšujících se objemech plastů jako základních surovin. Svědčí o tom zejména závěry XVII. sjezdu Komunistické strany Československa, v nichž se zdůrazňuje nezbytnost racionalizačních opatření k úspoře železných a neželezných kovů.

Růst produkce plastů se projevil i v k. p. Tesla Jihlava s nímž se vyrovnávají uplatňováním racionálního a efektivního konstruování vstřikovacích forem. Výroba forem zde probíhá v nástrojovných zařazených do pomocných provozů zajišťujících hlavní výrobu. Výrobní program podniku je zcela naplněn a každý nový výrobek znamená redukci objemů dodávek dosavadního sortimentu, což naráží na hospodářské smlouvy, které je nutno dodržovat. Rozšiřování výroby není možno jak z nedostatku pracovníků, tak i výrobních prostorů. Proto se řešení dané situace vede cestou mechanizace a automatizace výrobních procesů.

Dílčím výrobním úkolem podniku je i náhrada 6-ti násobné vstřikovací formy pro výrobu dílce WA 42513 formou 16-ti násobnou. Tento úkol řeším ve své diplomové práci. V první části uvádím konstrukční a technologické zásady, které je nutno vzít v úvahu při navrhování konstrukce vstřikovací



formy. Zaměřuji se na vlastnosti vysoce houževnatého polystyrénu Krasten 552, který je použit ke vstřikování dílce WA 42513. Dále se zabývám stávajícím stavem výroby tohoto dílce a návrhem konstrukčně technologického projektu. Závěrem pak popisuji vlastní návrh vstřikovací formy včetně univerzálního programu pro výpočet.

## 2. TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Zásady konstrukce vstřikovací formy

Podkladem pro návrh vstřikovací formy je model nebo výkres uvažovaného výstřiku. Již při návrhu tvaru budoucího výrobku je třeba přihlížet k tzv. technologičnosti jeho konstrukce. Předpokladem zaformování je totiž možnost vyjmutí výstřiku z tvářecí dutiny formy. Z tohoto hlediska je důležité určení dělicí roviny, t.j. řezu, ve kterém se forma při otevírání bude dělit. Výstřik by měl být zaformován tak, aby zůstal v pohyblivé části formy, protože konstrukce vstřikovacího stroje umožňuje jednoduché konstrukční řešení vyhazovacího systému.

Průběh dělicí plochy by proto měl dohodnout konstruktér výrobku s konstruktérem formy předem. Dělicí řez, příp. plocha, má být jednoduchá, vhodné je umístit ji do hran výstřiku. Směrem pohybu dílů formy se navrhuje úkosy. Zároveň se přihlíží k odvzdušnění tvářecí dutiny formy s ohledem na umístění vtoku a předpokládaný směr toku taveniny při vstřiku.

Při navrhování rozměrů tvářecí dutiny formy je nutné počítat se smrštěním. Smrštění termoplastů je rozměrová změna probíhající zákonitě v průběhu vstřikování. Velikost této rozměrové změny závisí jednak na chemickém složení a struktuře plastu, jednak na způsobu, kterým dochází k plnění formy taveninou a na podmínkách ochlazování taveniny. Výsledná velikost smrštění daného termoplastu je tudíž závislá na základních technologických podmínkách vstřikování. 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.

Podle základního řešení konstrukce se v praxi používají formy jedno nebo vícenásobné, dále formy dvou nebo třídeskové. Podle systému uspořádání vtoku jsou formy s jednoduchým vtokovým systémem dále se systémem vytápěným, příp. izolovaným. Formy s pomocnou dělicí plochou mohou být konstruovány jako čelisťové. Složitější tvary výstřiků vyžadují další pomocné díly forem, jako jsou vysouvací jádra a trny, příp. vytáčecí zařízení pro závitové tvary apod./2/.

Konstrukčními díly forem jsou i temperační resp. chladičí systémy, vyhazovací systémy a vodící dílce, které zajišťují všechny potřebné funkce formy při technologickém procesu vstřikování.

### 2.1.1 Násobnost formy

Násobnost vstřikovací formy se volí především podle složitosti, velikosti a množství výrobků a dále podle typu použitého stroje. Při návrhu formy je nutné provést ekonomické porovnání nákladů na výrobu formy a produkčních parametrů.

Vícenásobné formy obecně zpomalují technologický cyklus a vzhledem k častějším potížím vedou k většímu procentu zmetků. Udržení požadovaných tolerancí u náročnějších výstřiků je velmi obtížné.

Pro široký sortiment drobných výrobků s vyšší produkcí je však jejich použití účelné, v některých případech dokonce nezbytné /1/.

### 2.1.2 Chlazení a temperování formy

Chladičí a temperační systém formy je jedním z hlavních faktorů, ovlivňujících rozměrovou stálost výrobků. Systém je nutno volit tak, aby průběh ochlazování jednotlivých částí výstřiku byl co nejrovnoměrnější. Aby se dosáhlo

tohoto požadavku, je někdy třeba tento systém konstruovat s programovatelným odvodem tepla z různých partií formy. Je důležité věnovat pozornost správnému rozmístění a naplnění temperovacích okruhů, v některých případech zase odizolování určitých partií formy, zvláště u tenkých stěn. V případě velkých rozdílů v tloušťkách je třeba, aby tenčí stěna výstřiku měla vyšší teplotu. Tím se pomaleji ochlazuje a tak vzniká vyváženost chlazení výstřiku, což má za následek, že se v maximální míře odstraní vnitřní pnutí.

Významným pomocníkem při zahájení vstřikování je teplota forem na provozní teplotu zvláštním zařízením. K tomuto účelu se používají např. elektrické topné patrony, umístěné mezi vodní kanály, topné obvodové pasy nebo připínání topného media na chladicí systém, kde topné medium je předehtáto předem. Všechny tyto způsoby je možno kontrolovat pomocí termostatu.

### 2.1.3 Odvzdušnění

Při vstřikování dochází k vyplnění tvarové dutiny formy ve velmi krátkém časovém intervalu. Proto je nutno zajistit intenzivní odvod vzduchu z tvářecí dutiny. Pokud tomu tak není, dochází k nedokonalému vyplnění dutiny formy, nebo k jiným vadám výstřiků, jako jsou stopy po spálení /hlavně u světlých typů materiálů/. Nedostatečný únik vzduchu se může projevit také jako tzv. studený spoj. Na dobré odvzdušnění dutiny formy má vliv umístění vtoku, vyhazovačů, různých jader nebo i úmyslně zvolené vložky, např. do dna, části stěn nebo podobně. Často se provádí odvzdušnění drážkou v dělicí rovině, přičemž se bere ohled na možnost odstranění přeteklé taveniny. Rozměry drážky se volí obvykle v šířce cca 2 mm a hloubce 0,2 mm.

#### 2.1.4 Vyhazování výstřiků

Základní podmínkou dobré funkce vyhazování je správná úkosovitost, nebo kuželovitost činných tvarů. Rovněž drsnost povrchu nebo různé zápichy mají na dobrou funkci vyhazování značný vliv. Větší výstřiky z Krastenu se dobře vyhazují pomocí pneumatických zařízení. K vyhazování běžných tvarů se používá nejčastěji kolíkových vyhazovačů. Pro tenkostěnné výstřiky se používají tvarové vyhazovače, trubkové vyhazovače, stírací kroužky nebo desky, odpružená dělená jádra, konečně kombinace stírání a vyhazování stlačeným vzduchem. Při řešení vyhazovacího systému se nesmí zapomenout na vyhození nebo možnost vytažení vtokového zbytku.

## 2.2 Technologické parametry

Správná volba technologických parametrů je předpokladem jak hospodárné výroby, tak kvality výstřiků.

### 2.2.1 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, nutno volit dávku 1,1 - 1,5krát větší, než je objem tvarové dutiny formy a vtokové soustavy. Vstřikovaný objem pak nemá být menší než 15 % maximálního objemu pro jeden vstřik příslušného typu vstřikovacího stroje a nemá u Krastenu přesáhnout 95 % maximálního objemu. U výstřiků bez větších nároků na přesnost rozměrů a rovnoměrnou kvalitu, lze vstřikovat i menší objemy. Únosná hranice u Krastenu je 5 % maximálního objemu. Je nutno si uvědomit, že čím je objem výstřiku ve srovnání s max. objemem příslušného vstřikovacího stroje menší, tím je větší nebezpečí degradace materiálu v plastikačním válci /komoře/, vyvolávající změny vlastností výstřiků.

### 2.2.2 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 pro Krasten dosahovala hodnot 50-60 m/minutu, což při průměru šneku 30 mm odpovídá hodnotě 500-600 ot./min. Odpor na šneku /protitlak/ se pro Krasten nastaví na hodnotu 5-20 MPa.

Nutno si uvědomit, že čím je vyšší protitlak a otáčky šneku, tím je větší obsah tepla získaného přeměnou mechanické

práce a tedy i vyšší teplota taveniny. Dochází-li při plastikaci k degračním procesům /projeví se např. změnou indexu toku, změnou zabarvení a podobně/, je nutno snížit rychlost otáček šneku a zmenšit nastavený odpor na šneku. Na druhé straně při strhávání neroztavených granulí, vzduchu či při nedokonalém hnětení nutno odpor na šneku nastavit na vyšší hodnotu.

### 2.2.3 Vstřikování

Z hlediska kvality výstřiku z Krastenu se vždy zajímáme o naměřené technologické podmínky, které nejsou zejména u teplot shodné s parametry nastavenými na regulačních přístrojích.

Teplota taveniny je teplota naměřená ve vstřikovací trysce v průběhu plnění formy, tedy skutečná teplota vstřikované taveniny. Měří se buď přímo v trysce, nebo před tryskou, obvykle vpichem jehly se zabudovaným termistorovým článkem do taveniny odstříknuté do volného prostoru, nebo do kalíšku z polytetrafluoretylenu. Teplotní rozsah vstřikování Krastenu je 180-260 °C, u pigmentovaných materiálů je nutno horní hranici podřídit stálostí použitého pigmentu nebo barviva, která obvykle bývá do 250 °C. Volba teploty taveniny závisí na požadovaných vlastnostech výstřiku, neboť podstatně ovlivňuje molekulární orientaci a tím i vlastnosti a anizotropii vlastností. Též záleží na ostatních parametrech, zejména teplotě formy, rychlosti vstřiku a na vstřikovacím tlaku. Čím mají jmenované parametry vyšší hodnoty, tím lze volit nižší teplotu taveniny. V neposlední řadě je nutno teplotu taveniny přizpůsobit tvaru výstřiku /tloušťce stěny, délce toku, členitosti/ a vtokové soustavě.

Teplota formy ovlivňuje zatékavost taveniny, kvalitu povrchu a v malé míře i smrštění a vlastnosti výstřiku. Rozsah formy lze pro Krasten volit v rozmezí 10-70 °C dle povahy výstřiku a v závislosti na ekonomii. Čím nižší je

teplota formy, tím rychlejší je chlazení výstřiku a kratší cyklus vstřikování. Požadujeme-li výstřiky s vysokým leskem a minimálním pnutím, volíme teplotu formy vyšší. Za optimum pro houževnaté polystyrény Krasten se považuje 40-60 °C. Teplota formy se obvykle měří u obou polovin dotykovým teploměrem, nebo plynule pomocí zabudovaného termoelektrického článku v blízkosti tvarové dutiny formy. Rozdíl teplot mezi oběma polovinami formy nemá být větší než 5 °C.

Vstřikovací tlak, dotlak a rychlost vstřikování. Vstřikovací tlak a dotlak je definován jako tlak na čele pístu nebo šneku a je úměrný hydraulickému tlaku pracovní kapaliny vstřikovacího stroje. Z hlediska kvality výstřiku je důležitý tlak ve formě. O tom, jaký bude tlak ve formě, rozhoduje nejen výchozí vstřikovací tlak, ale také viskozita zpracované taveniny, která je zase závislá na její teplotě, rychlosti vstřikování a na rychlosti ochlazování ve formě. Obvykle se pro Krasten doporučují vstřikovací tlaky v rozmezí 50-100 MPa. U tenkostěnných výstřiků s dlouhou dráhou toku je možno jít na tlaky až 150 MPa.

Tlak ve formě /vnitřní tlak/ je mnohem nižší, než tlak vstřikovací a zmenšuje se se vzdáleností od vtoku. Aby byl výstřik kvalitní a bez propadlin a neměl velké pnutí, je zapotřebí dodržet tlak ve formě v rozmezí 20-50 MPa.

S velikostí vstřikovacího tlaku souvisí rychlost vstřikování, která určuje dobu, za kterou se naplní forma. Obecně platí, že čím je rychlost vstřikování větší, tím kratší je doba styku taveniny s chladnou formou, tím méně vzrůstá viskozita taveniny během vyplňování formy a tím menší jsou tlakové ztráty. Pro vstřikování Krastenu se doporučují vyšší rychlosti vstřikování. Čím je však tenkostěnnější výstřik, delší dráha toku a menší průřez vtokového ústí, tím volíme rychlost vstřikování vyšší.



Velmi důležitým faktorem, zejména u tlustostěnných výstřiků je dotlak, jímž se doplňuje tavenina do tvarové dutiny formy v průběhu ochlazování a smršťování výstřiku. Ukázalo se, že vysoké dotlaky sice dokonaleji vyplní formu, ale za cenu značného zvýšení vnitřního pnutí z přeplněné formy. Proto se volí při vstřikování Krastenu dotlak ve výši 30 až 80 % vstřikovacího tlaku.

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

- doba plnění /vstřiku/  $/t_v/$
- doba dotlačování /dotlaku/  $/t_d/$
- doba ochlazování bez tlaku  $/t_{ch}/$
- doba manipulace  $/t_m/$

Vstřikovací cyklus je nutno volit co nejkratší, ovšem s ohledem na kvalitu výstřiku.

Doba plnění má být krátká, což značí že je výhodné naplnit tvarovou dutinu formy co nejrychleji. Obvykle se doba plnění u Krastenu pohybuje u výstřiků do objemu  $1000 \text{ cm}^3$  od 1 do 10 sekund.

Doba dotlaku závisí na výši dotlaku a průřezu vtokových kanálků. Doplnění taveniny do formy má trvat tak dlouho, pokud nezamrzne ústí vtoku, ne však déle. Při dobře volené době dotlaku a správné konstrukci vtokového ústí má být výstřik bez propadlin s kvalitním povrchem.

Doba ochlazování bez tlaku nemá být delší, než je zapotřebí ke ztuhnutí výstřiku na takovou míru, aby se při vyhazování z formy, již nedeformoval. To znamená, že vedle teploty formy závisí též na konstrukci vyhazovací soustavy. Často se setkáváme s pojmem chladicího času, což je doba dotlaku a chlazení bez tlaku.

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 i méně.

Délku jednotlivých fází pracovního cyklu ovlivňují i ostatní parametry, zejména tlaky a teploty, event. konstrukční prvky /1/.

## 2.3 Konstrukční systémy vstřikovacích forem

### 2.3.1 Vývoj do roku 1980

Intenzivní vývoj nových typů plastů, rychlý rozvoj jejich průmyslové výroby po druhé světové válce a především jejich aplikace v nejrůznějších odvětvích průmyslové činnosti měly za následek prudce stoupající poptávku po nástrojích na jejich tváření. V krátké době nestačily stavy odborných pracovníků krýt potřeby zpracovatelů plastů a disproporce se rychle zvětšovaly. V té době se již vyráběly různé normalizované součásti i celé sestavy /tzv. stojánky/ pro výrobu nástrojů na tváření plechů - řezů, raznic a ohýbačů. Značná podobnost konstrukce i tvaru součástí přivedla výrobce těchto nástrojů na myšlenku vyrábět a dodávat stejným způsobem součásti i celé sestavy rámců forem. Tak se zrodily první normalizované systémy firem s často velmi zdařilými konstrukcemi univerzálních rámců forem, ale s rozměrově značně odlišnou součástkovou základnou, která neumožňovala vzájemnou zaměnitelnost dílů. Tyto normalizované systémy rámců vstřikovacích forem velmi rychle získaly oblibu u výrobců forem, zejména z těchto důvodů: práce kvalifikovaných odborníků se soustředila na výrobu tvářecích součástí formy, ostatní deskovité součásti, vodící a spojovací elementy, těsniva a pomůcky pro výrobu forem se mohly nakoupit u běžného výrobce. Tím se velmi podstatně zkrátila doba výroby formy a zvětšila se i produkce forem. Odborné prameny uvádějí až 20 procentní zvýšení produkce všech forem v západní Evropě vlivem zavedení výroby rámců.

Postupně se výroba rámců forem soustřeďovala na velké výrobní podniky, které měly více prostředků i odborníků na vývoj stále dokonalejších systémů. Některé málo efektivní systémy postupně zanikaly.

### 2.3.2 Konstrukční systémy vstřikovacích forem užívané v současné době ve státech RVHP

Normalizace v konstrukci a výrobě forem v některých průmyslově vyspělých státech RVHP dospěla, dá se říci, do první fáze vývoje: užívá se normalizovaných základních sestav ráků nebo jen normalizovaných souborů součástí pro konstrukci forem. Jen výjimečně se používá normalizovaných, předem na sklad vyrobených součástí pro výrobu forem. Tyto součásti se vyrábějí jen pro vlastní potřeby výrobce forem. Normalizované bezodpadové vstřikovací soustavy neexistují.

V SSSR byl vydán v roce 1976 soubor norem GOST 22 062-76 - GOST 22 082-76 - PRESS - FORMY DLJA LITJA TERMOPLASTOV POD DAVLENIJEM. Normalizují se 3 nejběžnější typy ráků forem v široké řadě rozměrových velikostí.

V Polské lidové republice zkonstruovala firma FORMET v Bydgoszi již v roce 1974 stavebnicový systém ráků forem /Korpusy i ezesci form do przetworstwa tworzyw sztucznych/. Konstrukce ráku je klasického stavebnicového provedení reprezentovaného firmou HASCO. Systém se podle výrobce nazývá FORMET.

Sortiment součástí je velmi rozsáhlý, pro soustředěnou výrobu proto velmi náročný. Součásti se vyrábějí souběžně s výrobou kompletních forem. Produkce má krýt potřebu všech výrobců forem v PLR.

Moderní prvky a systémy bezodpadového vstřikování naku-  
pují výrobci forem u předních firem v zahraničí.

V Maďarské lidové republice užívá normalizovaných ráků a součástí forem přední výrobce firmy DANUVIA v Budapešti již od roku 1973. Soubor velmi jednoduchých sestav kmenových ráků byl postupně nahrazen sestavou polotovarů desek a hra-  
nolů s přídavky na dokončení.

Asi před třemi léty tento podnik navázal spojení s firmou UDDEHOLM-SUSTAN, pro kterou vyrábí některé normalizované součásti stavebnicového systému. Částí produkce kryje vlastní potřebu součástí, další součásti od této firmy nakupuje. Bezodpadové vstřikovací soustavy nakupuje v zahraničí.

V Německé demokratické republice vypracoval v sedmdesátých letech VEB Plastverarbeitung Halle rozsáhlý soubor státních norem součástí vstřikovacích forem. Mezi nimi i TGL 160-253 SPRITZGLIESSWERKZEUGE Baugruppen 40 und 100, která normalizuje sestavy ráků forem pro vstřikovací stroje s uzavírací silou od 125 do 1600 kN. Podává přehled rozměrů deskovitých součástí přiřazených k velikostem vstřikovacích strojů typu Ku ASY.

Specializovaný podnik na výrobu součástí podle TGL neexistuje. Závody na výrobu forem a nástrojárny při vstřikovnách si je vyrábějí samy jen pro vlastní potřebu. Technologie bezodpadového vstřikování se rychle rozvíjí. Je zpracována řada konstrukčních směrnic, jako např. TGL 32 475 Werkzeuge zur Plastverarbeitung. Na systému stavebnicových ráků forem se v NDR pracuje od roku 1973.

V Československé socialistické republice se postupně zavádí systém normalizovaných stavebnicových ráků forem pod názvem RAFO /zkratka názvu ráky forem/, vypracovaný v národním podniku Plastimat Liberec v letech 1970 až 1975. Je vypracovaný katalog stavebnicových součástí a soubor podnikových norem.

Nadále však existují podniky, které užívají vlastních souborů normalizovaných součástí jen proto, že nemohou součásti RAFO běžně nakupovat a zavádět jejich výrobu pro vlastní potřeby by bylo neekonomické. Podnik, který by se výrobou součástí RAFO zabýval, se nepodařilo najít. Od roku 1980 se připravuje centralizovaná výroba v rámci sdružení podniků VHJ PRAGO-UNION.

## Přednosti RAFO

1. Umístění spojovacích šroubů v jedné ose s vodicími prvky umožňuje použití tzv. univerzální desky. Tato deska má pouze v rozích otvory pro vodicí součásti a nemá již žádné jiné díry nebo závity pro spojovací šrouby. Lze ji proto použít do libovolného místa sestavy, a to jako desku tvarovou, opěrnou, stírací atd. Tím se podstatně snižuje počet provedení desek rámu.
2. Řada unifikovaných vodicích a spojovacích součástí umožňuje libovolně měnit skladbu desek rámu, aniž by je bylo nutné měnit za jiné. Mění se pouze délka středicích trubek a spojovacích šroubů.
3. Středění desek vnějším průměrem vodicích sloupků, pouzder a středicích trubek společně s masívními rozpěrkami zajišťuje neobvykle vysokou tuhost celé sestavy rámu.
4. Umožňuje optimální využití činných ploch formy pro zaformování výstřiku, protože nikde nepřekázejí spojovací šrouby.
5. Ze stejného důvodu poskytuje více prostoru pro konstrukci temperovacího systému formy a pro umístění ovládacích prvků a mechanismů např. automatizačních zařízení. Rovné obvodové plochy rámu jsou výhodnější pro jejich upevnění.

Závěrem je možno konstatovat, že v členských státech RVHP existují 3 národní normalizované systémy stavebnicových rámu forem /SSSR, PLR, ČSSR/, jejichž konstrukční řešení jsou si velmi podobná, lišící se většinou svými rozměry a bohatostí sortimentu součástí.

## 2.4 Vlastnosti vstřikovaného materiálu

Houževnaté polystyrény Krasten jsou vyráběny moderní technologií roubované suspenzní polymerace. Vyznačují se velmi dobrou zpracovatelností. Zpracovatelské teploty se pohybují převážně v rozmezí 170-240 °C. Optimální teplota zpracování je však zpravidla asi o 10 °C vyšší než je minimální vstřikovací teplota. V žádném případě by teplota zpracování neměla překročit hranici 240 °C. Základní závislosti vstřikovací teploty - vstřikovací tlak - tekutost materiálu, můžeme získat metodou spirál testu.

Houževnaté polystyrény Krasten jsou vyráběny v široké paletě typů a odstínů. Jednotlivé typy se od sebe liší ve zpracovatelských vlastnostech, ve způsobu zpracování a v užitných vlastnostech hotových výrobků. Lze je s úspěchem zpracovávat vstřikováním na více nebo méně členité výrobky s hmotností od desetin gramů až po výrobky masívní, dosahující hmotnosti několika kilogramů.

Vzhledem k tomu, že granuláty polystyrénu Krasten mohou při nepříznivých klimatických a skladovacích podmínkách dosahovat až 0,2 % vlhkosti, která je příčinou nekvalitního výstřiku, doporučuje se před zpracováním sušit při teplotě 70 °C, minimálně po dobu 3 hodin.

Sušení se provádí v horkovzdušných sušárnách na sítěch ve vrstvách maximálně 3 cm. U kvalitního granulátu pro vstřikování nemá být obsah vlhkosti vyšší než 0,02 %.

Při transportu sušeného materiálu z chladného skladu do vstřikovny dochází k orosení povrchu granulátu. V tomto případě postačí materiál přesušit 1 hodinu při 70 °C. Někdy postačí granulát před vstřikováním ponechat minimálně 1 hodinu ve vstřikovně za účelem vyrovnání teplot.

Materiál Krasten se skladuje v suchých větraných

prostorách při běžné teplotě dle ČSN 64 0090. Z požárního hlediska je klasifikován jako lehce hořlavý materiál a z toho důvodu je nutno dodržovat při jeho skladování přísné požární předpisy.

Prach Krastenu může se vzduchem tvořit výbušnou směs. Kromě toho při manipulaci s granulátem vzniká statická elektřina.

Materiály se ze skladových prostor dopravují ke vstřikovacím strojům, buď v originálních obalech, nebo se dopravují ze zásobníku pseudopravou. Zásadně je třeba dbát na to, aby se granulát při manipulaci neznečistil. /3/



## 2.5 Vlastnosti tavenin

Pro zpracování polystyrénu Krasten jsou velmi cenným a důležitým údajem tokové vlastnosti materiálu měřené na plastometrech, nebo přímo na vstřikovacích strojích /7/. Některé potřebné právně nezávazné údaje jsou uvedeny v následujících odstavcích.

### 2.5.1 Index toku taveniny

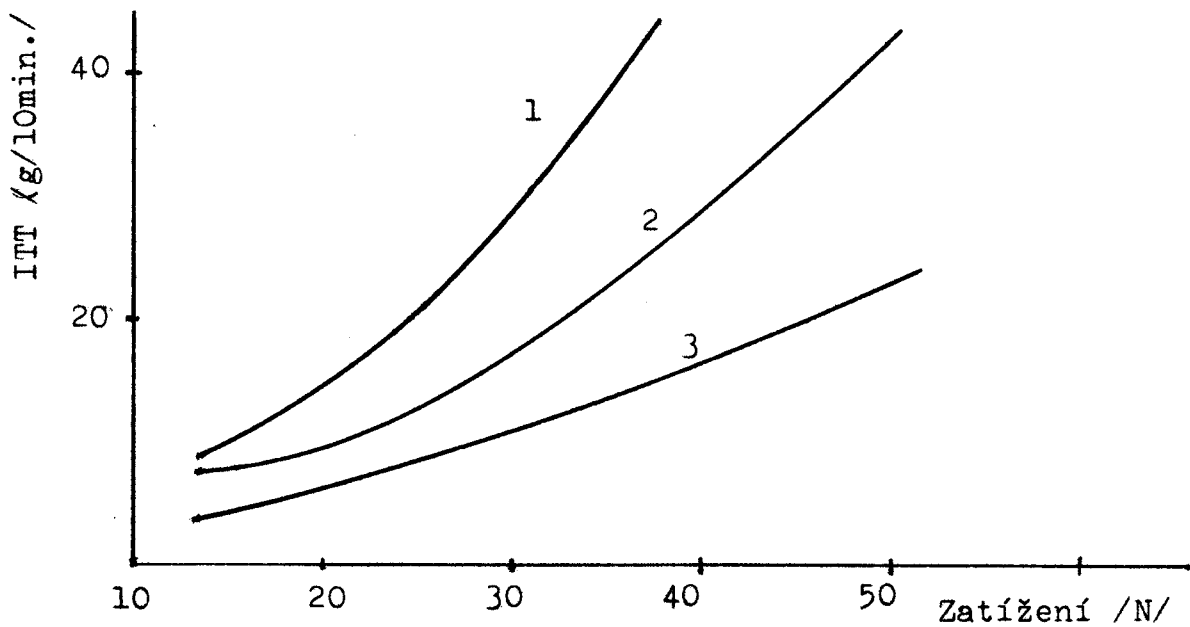
Tekutost taveniny se nejjednodušeji vyjadřuje pomocí indexu toku taveniny /ITT/, což je množství taveniny prošlé tryskou výtlačného plastometru v referenčním čase za definovaných podmínek zkoušky. Zkoušky se provádějí podle ČSN 640861 a index toku se vypočte s přesností na dvě desetinná místa podle vzorce:

$$ITT = \frac{600 \cdot m}{t} \quad /g/10 \text{ min}/$$

kde  $m$  = průměrná hmotnost odřezku v g

$t$  = časový interval odřezu v s

Přípustný rozsah ITT dle ČSN 64 3001 a 64 3002 při teplotě 200 °C a zatížení 52,97 N je pro Krasten 552 3,5 - 7 g/10 minut



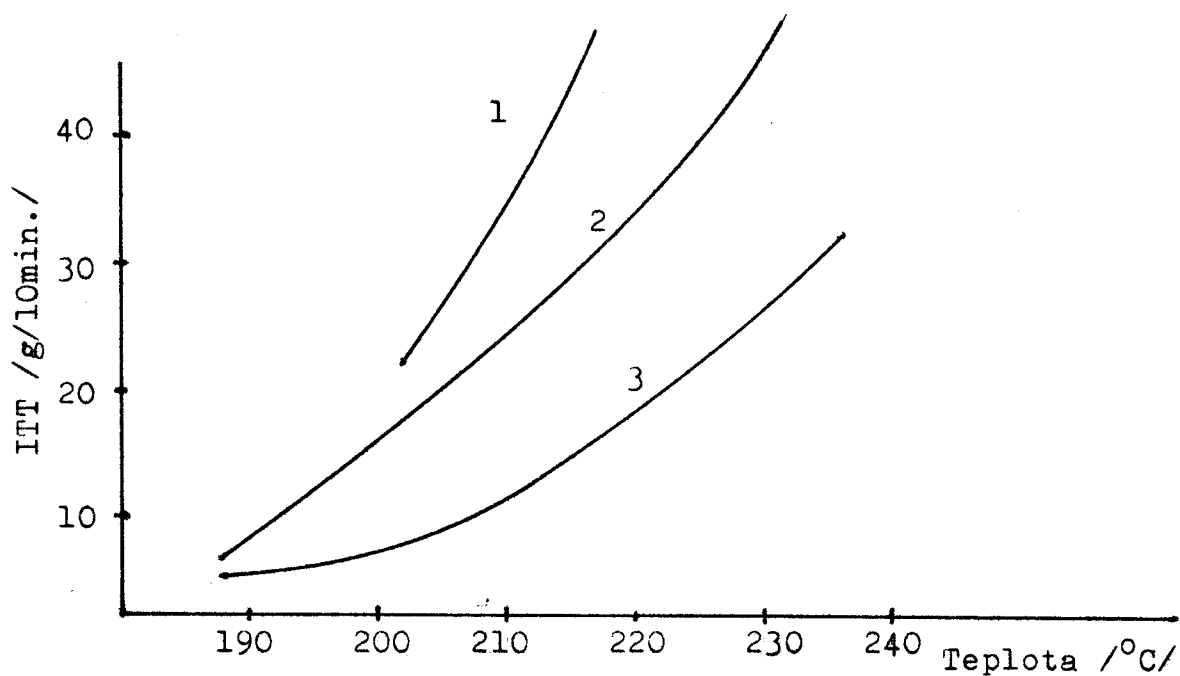
Obr. 1. Závislost ITT na zatížení pístu /teplota taveniny

230 °C/

1 - Krasten 127

2 - Krasten 336

3 - Krasten 552



Obr. 2. Závislost ITT na teplotě při zatížení 52,97 N

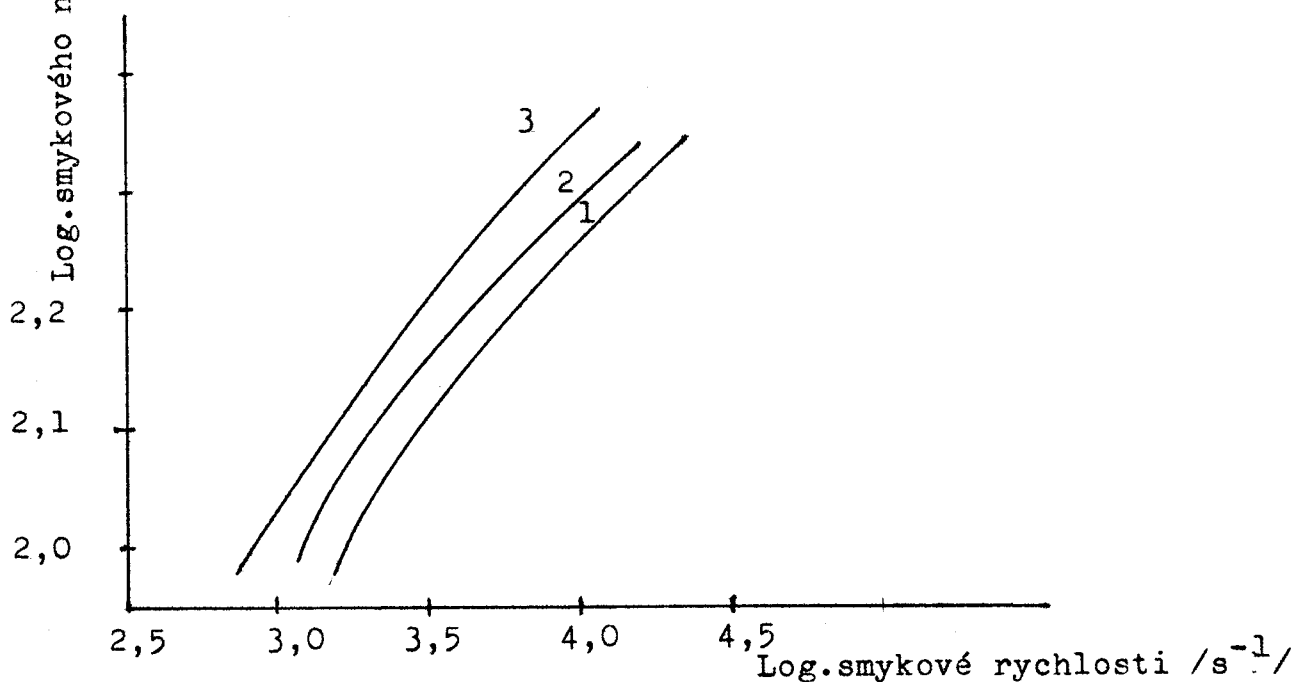
1 - Krasten 127

2 - Krasten 336

3 - Krasten 552

### 2.5.2 Tokové křivky pro smykové rychlosti používané pro vstřikování

Tekutost taveniny při smykových rychlostech v obdobných podmínkách na vstřikovacích strojích se zkouší na vysokotlakových kapilárních reometrech a vyhodnocuje se ve formě tokových křivek.



Obr. 3. Zdánlivé tokové křivky Krastenu při teplotě 230 °C  
1 - Krasten 127  
2 - Krasten 336  
3 - Krasten 552

$$\text{zdánlivá smyková rychlost } \gamma = \frac{4 v}{r^3} \quad \text{s}^{-1}$$

kde  $v$  = objemový průtok /cm<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup>/  
 $r$  = poloměr trysky v mm

smykové napětí  $\tau = \frac{\Delta p \cdot r}{2 l}$  /MPa/

kde  $p$  = tlak taveniny /MPa/

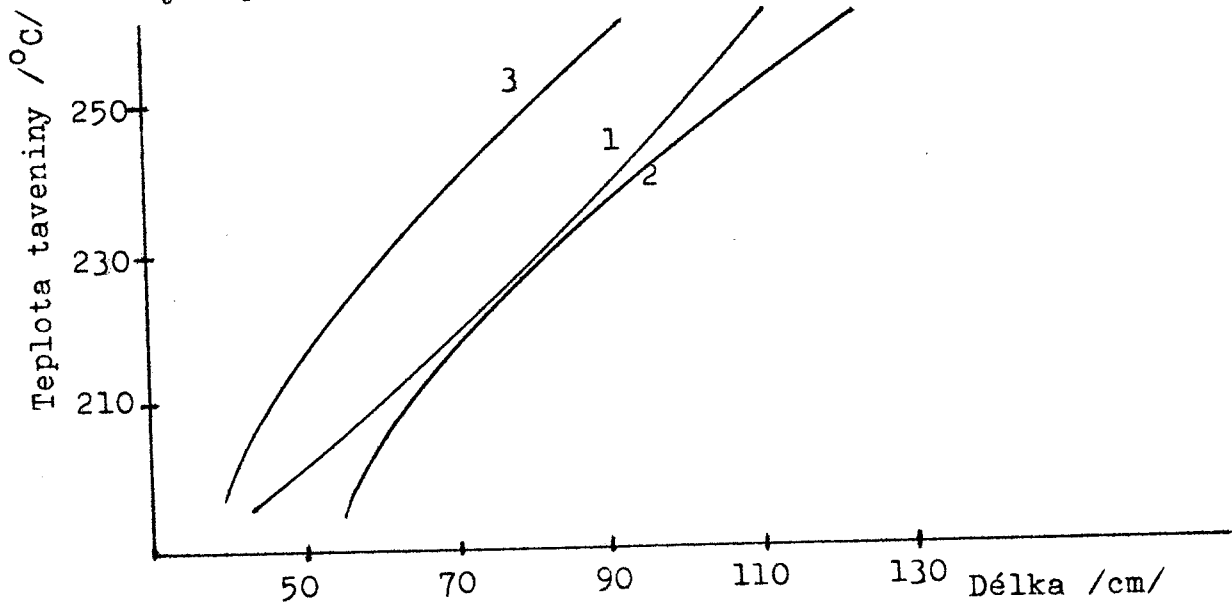
$r$  = poloměr trysky /mm/

$l$  = délka trysky /mm/

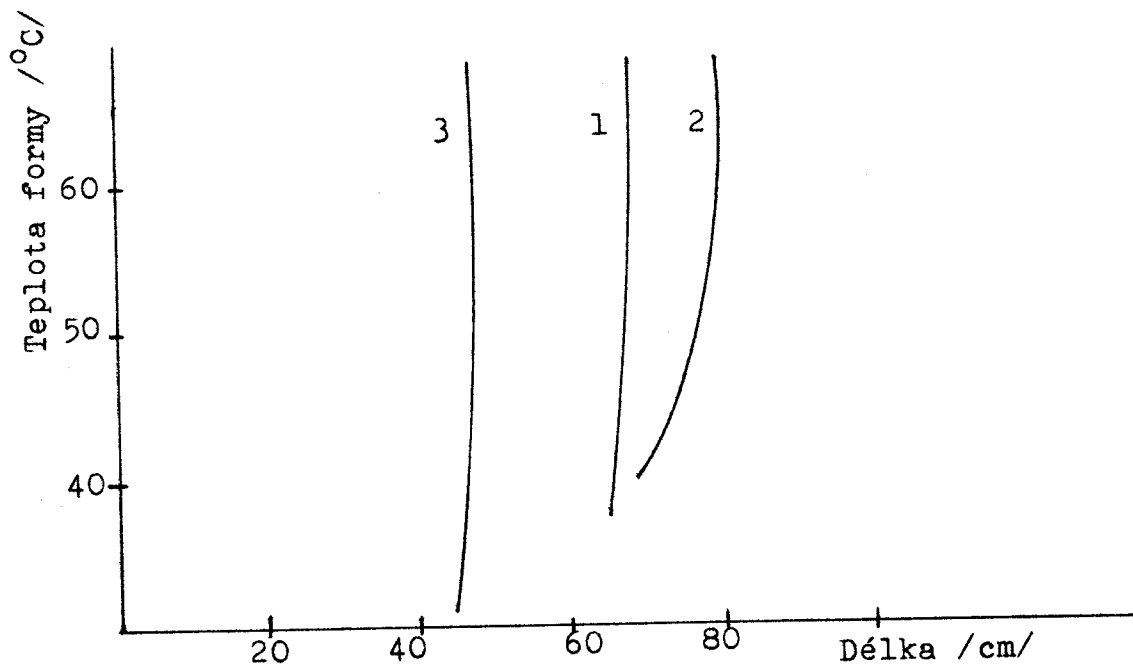
Z průběhu tokových křivek lze vyvodit závěr, že se zvyšováním vstřikovacího tlaku roste průtočný objem a klesá zdánlivá viskozita taveniny.

### 2.5.3 Spirálová zkouška pro rozsah použitelných vstřikovacíh parametrů

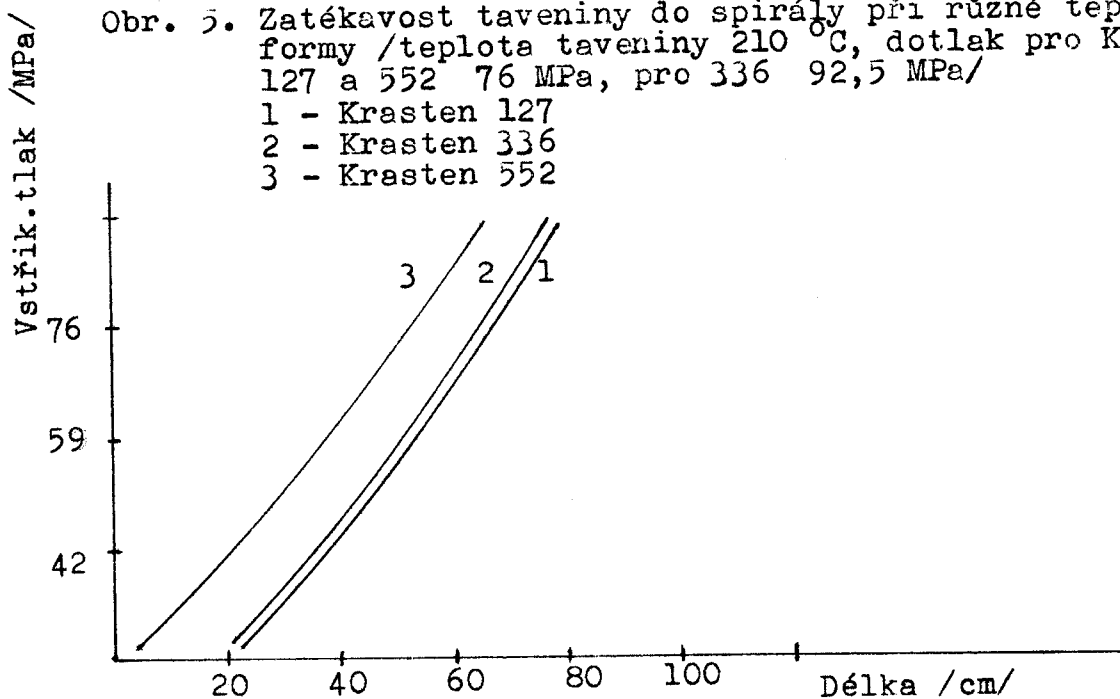
Tekutost taveniny se hodnotí na vstřikovacím stroji s použitím formy s dutinou o průřezu 3x5 mm. Délka výstřiků spirály je mírou zatékavosti taveniny do formy za modelovaných podmínek vstřikování.



Obr. 4. Zatékavost taveniny do spirály při různé teplotě taveniny /teplota formy 30 °C, dotlak 76 MPa/  
 1 - Krasten 127  
 2 - Krasten 336  
 3 - Krasten 552



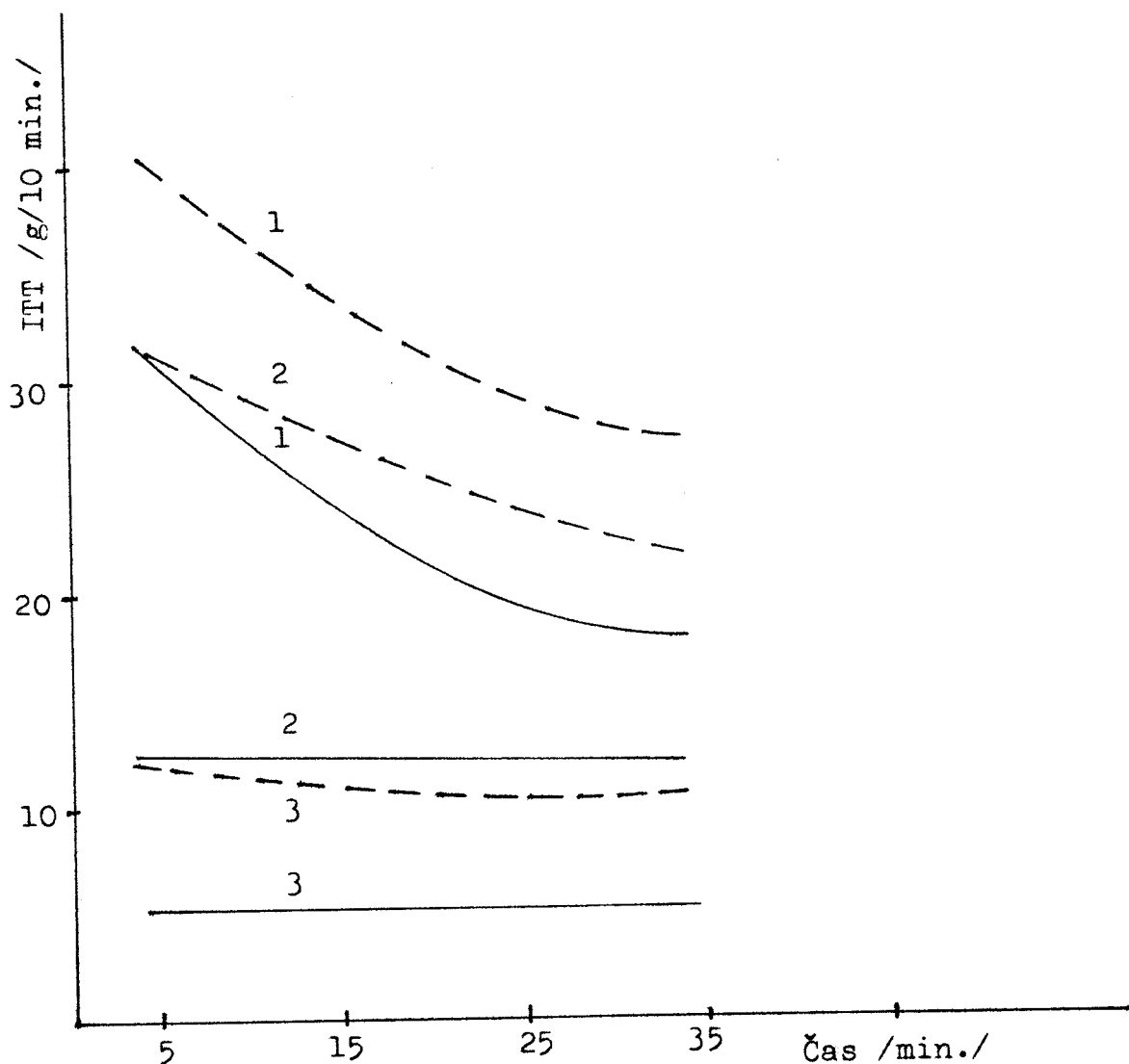
Obr. 5. Zatékavost taveniny do spirály při různé teplotě formy /teplota taveniny 210 °C, dotlak pro Krasten 127 a 552 76 MPa, pro 336 92,5 MPa/  
 1 - Krasten 127  
 2 - Krasten 336  
 3 - Krasten 552



Obr. 6. Zatékavost taveniny do spirály při různém vstřikovacím tlaku /teplota taveniny 210 °C, formy 45 °C/  
 1 - Krasten 127  
 2 - Krasten 336  
 3 - Krasten 552

Z těchto závislostí vyplývá, že ze zkoušených typů Krastenu má nejnižší zatékavost tavenina Krastenu 552.

#### 2.5.4 Křivky teplotní stability



Obr. 7. Křivky teplotní stability Krastenu teplota 230 °C —  
teplota 250 °C ---

- 1 - Krasten 127
- 2 - Krasten 336
- 3 - Krasten 552

Tyto křivky jsou závislostí hodnot indexů toku taveniny na době temperace materiálu ve válci výtlačného plastometru při teplotě 230 °C a 250 °C a při zatížení 23,05 N. Zkoušené typy houževnatého polystyrénu Krasten prokázaly tepelnou stabilitu do teploty 230 °C.

Standartní polystyrény se zpracovávají převážně vstřikováním na vstřikovacích strojích jak se šnekovou předplastikací, tak i na strojích pístových. Formy se konstruují podle běžných zásad platných pro konstrukci forem pro plasty s přihlédnutím ke zpracovatelským vlastnostem uvažovaného plastu.

Správné nastavení režimu vstřikovacího stroje má velký vliv jak na vzhledové vlastnosti konečného výrobku, tak také na jeho mechanické vlastnosti. Pro nastavení teplotního spádu vstřikovacího stroje platí zásada, že teploty u násypky mají být nejnižší, u trysky pak nejvyšší. Násypka vstřikovacího stroje musí být chlazena vodou. K nastaveným teplotám vstřikovacího válce je pak nutno přizpůsobit i vstřikovací tlak tak, abychom dostali kvalitní výlisky bez přetoků. Obecně platí zásada, že výlisky mají lepší mechanické vlastnosti při použití nízkých teplot a vysokých tlaků. Samozřejmě však, že musíme přihlížet i na konečný vzhled hotových výrobků. Ke zvýšení povrchového lesku, snížení vnitřního napětí, zmetkovitosti při najíždění i pro zlepšení celé řady dalších příznivých vlastností hotových výrobků se doporučuje temperovat vstřikovací nástroj na teplotu 40-60 °C podle použitého typu polystyrénu.

## 2.6 Stávající stav výroby dílce WA 425 13 v k. p. Tesla Jihlava

Dílec WA 425 13 /příloha č. 4/ se vstřikuje na úhlovém hydraulickém lisu se vstřikem do dělicí roviny formy. Ovládání lisu je pomocí ruční páky s časovými hodnotami, které jsou odvozeny od ručního časového spínače. Vytápěný šestinásobný dvoudeskový nástroj se štěrbinovým vtokem neobsahuje žádné normalizované dílce. Výlisky jsou umístěny v řadě, což je z technologického hlediska nevýhodné. Dílce jsou vyráběny v různých barvách podle požadavku odběratele v počtu 1 200 000 ročně.

Výpočetní technika v konstrukci není uplatňována, ale začínají se provádět přípravné práce pro postupné zavádění systému CAD. V nástrojárně je k dispozici počítač OLIVETTI, který je používán pro evidenci a k programování vyjiskřovací strojů.

Z důvodu zvýšení produktivity práce a modernizace je třeba navrhnout dvoudeskový šestnáctinásobný temperovaný vstřikovací nástroj s tunelovým vyústěním. Z technologického hlediska je nutno dodržet vzhledovou stránku dílce, rozměry v uvedené toleranci a počítat se smrštěním 0,5 %. Vstřikovací cyklus navrhnout dle síly stěny výstřiku a po odzkoušení optimalizovat.

K výrobě dílce je třeba použít automatický vstřikovací lis CS 88/63. Tento stroj je určen pro výrobu výstřiků z termoplastu vstřikováním roztavené hmoty do osy uzavřené formy. Na stroji lze zpracovávat polystyrén, acetát celulózy, polyetylén, polyamid, polypropylén, stabilizovaný tvrdý polyvinylchlorid /PVC/, polykarbonát, polymethylmetakrylát, polyformaldehyd a další běžně užívané hmoty. Se strojem lze pracovat ručně /tlačítka/, poloautomaticky a automaticky.



Uzávěr stroje je čtyřsloupové konstrukce, uzavírací sílu vyvozuje kloubový mechanismus ovládaný pístem uzavíracího válce. Roztavenou hmotu vstřikuje přímo šnek. Nová dávka se natavuje otáčením šneku, který je poháněn elektromotorem přes převodovou skříň s měnitelnými stupni otáček. Pohon stroje je hydraulický. Rozvod tlakové energie je řízen elektromagneticky ovládanými šoupátkovými rozvaděči. Stroj má bezpečnostní tlačítko "CENTRÁL STOP", jehož stlačením se zastaví motory a čerpadlo a chod stroje se přerušší. Stroj je vybaven mechanickým jištěním, uzávěrem proti samovolnému uzavření formy vlivem poruchy hydraulického nebo elektrického zařízení při otevřené zábraně. Stroj je vybaven krytem, chránícím obsluhu před popálením při odstřiku taveniny do volného prostoru.

### 2.6.1 Technická data

#### a/ Vstřík

Max. zdvihový objem šneku redukován na 100 MPa	cm <sup>3</sup>			88
Plast. válec pro vstř. tlak:		vyšší	normál.	nižší
průměr šneku	mm	32	36	40
zdvihový objem šneku, skutečný vystříknutý objem je asi 10-30 % menší a zá- visí na druhu materiálu, druhu nástavy /špičky/ šneku atd.	cm <sup>3</sup>	57,9	73,5	90,5
max. vstřikovací tlak	MPa	150,0	120,0	96,0
Max. zdvih šneku	mm			72
Max. vstřikovací rychlost šneku	m.s <sup>-1</sup>			0,123
Síla přitlačující trysku k formě	kN			32,4

Tavící výkon  
/normální šnek/:

PS - Krasten 1.4/	kg hod. <sup>-1</sup>	65
Otáčky šneku /8 stupňů/	min. <sup>-1</sup>	62-305
Příkon dvou- otáčkového motoru šneku	kW	3/4
Příkon topení	kW	3,6

b/ Uzávěr

Uzavírací síla	kN	630
Přídržná síla	kN	700
Odtrhová síla	kN	120
Uzavírací zdvih	mm	250
Max. otevření	mm	515

V základním provedení je stroj vybaven plastikačním válcem pro normální vstřikovací tlak a mechanickým vyřezáním.

### 3. VYPRACOVÁNÍ KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÉHO PROJEKTU

#### 3.1 Kontrola uzavírací síly a maximálního objemového zdvihu šneku vstřikovacího stroje

Při návrhu rozváděcích kanálů ve formě se přihlíží k minimálním hydraulickým ztrátám a nejpomalejšímu ochlazení taveniny. Z toho důvodu je ideální kruhový průřez kanálu. V praxi se s ohledem na zjednodušení výroby používá průřezů kanálů, které se kruhu blíží. Rozváděcí kanály se volí co nejkratší s hladkými stěnami, bez náhlých změn průřezu a rozvětvují se tak, aby docházelo k plnění všech dutin taveninou současně. Přitom délka všech kanálů má být stejná. Neodpovídá-li provedení kanálů těmto zásadám, vzrůstají hydraulické odpory a tlakové ztráty.

Celková plocha průmětů dutin a rozváděcích kanálů se vypočítá ze vzorce:

$$S = n \cdot S_1 + S_2 \text{ /mm}^2/ \quad /1/$$

kde  $n$  je násobnost formy,

$S_1$  - plocha průmětu výstřiku do dělící plochy formy /mm<sup>2</sup>/

$S_2$  - přibližná plocha průmětů rozváděcích kanálů do dělící plochy formy /mm<sup>2</sup>/

Potřebná uzavírací síla vstřikovacího stroje  $F$  se vypočítá:

$$F = S \cdot \sigma_{vz} \quad /2/$$

kde  $S$  je celková plocha dutin a rozváděcích kanálů  
 $\sigma_{vz}$  - tlak taveniny ve formě

Tlak taveniny ve formě je úměrný vstřikovacímu tlaku stroje, druhu vstřikovaného plastu, typu vstřikovací soustavy, tvaru a členitosti výstřiku. Pro běžné plasty a jedno-

dušší výstřiky se obvykle volí  $\sigma_{vz} = 50 \text{ MPa}$ .

Vypočítaná uzavírací síla  $F$  se porovná s maximální uzavírací silou zvoleného stroje  $F_{\max}$ . Je nutné, aby  $F_{\max}$  byla alespoň o 10 % vyšší než vypočtená uzavírací síla  $F$

$$F \leq 0,9 \cdot F_{\max} \quad /N/ \quad /3/$$

Objem všech výstřiků a rozváděcích kanálů se vypočítá:

$$V = n \cdot V_1 + V_2 \quad /cm^3/ \quad /4/$$

kde  $n$  je násobnost formy,

$V_1$  - objem výstřiku  $/cm^3/$

$V_2$  - objem rozváděcích kanálů  $/cm^3/$

Objem všech výstřiků s rozváděcími kanály nesmí být větší než maximální zdvihový objem šneku zvoleného vstřikovacího stroje  $V_{s\max}$ . Doporučuje se, aby skutečně vstříknutý objem plastu byl o 10 až 30 % menší:

$$V = 0,7 \div 0,9 V_{s\max} \quad /5/$$

Nesplňují-li vypočtené hodnoty  $F$  a  $V$  podmínky rovnic /3/ a /5/ musí se zvolit jiný typ vstřikovacího stroje, nebo změnit násobnost formy a výpočet hodnot  $F$  a  $V$  opakovat.

### 3.2 Volba velikosti rámu formy

S přihlédnutím k rozmístění tvářecích dutin se zvolí nejvýhodnější velikost formy rozměrů přiřazených k zvolenému typu stroje /4/.

### 3.3 Údaje o materiálu výstřiku

Při návrhu formy je třeba vycházet z podrobných znalostí vlastností plastů a s těmito vlastnostmi počítat a pracovat. Tak například:

- Smrštění se musí připočítat k rozměrům tvářecích součástí.
- Vstřikovací teplota ovlivňuje teplotu formy a temperovací systém. Některé typy plastů vyžadují teplotu formy při vstřikování 80 až 100 °C; musí se tedy do temperovacího okruhu vřadit přístroj pro regulaci teploty temperovací kapaliny /tzv. TERM/.
- Některé typy plastů vyžadují větší drsnost povrchu tvářecích součástí /např. PE a PP/, jiné zase velmi vysoký lesk /např. čirý PS/ nebo protikorozní ochranu /např. PVC/.
- Tekutost má vliv na přesnost slícování. U velmi tekutých plastů /např. PA/ musí být slícování součástí velmi přesné, aby nevznikaly nežádoucí přetoky.
- Plasty s úzkým rozsahem vstřikovacích teplot a náchylné k tepelné degradaci vyžadují zvlášť pečlivé provedení formy, zvláště při použití bezodpadových vstřikovacích soustav.
- Mechanické vlastnosti plastu ovlivňují do značné míry provedení vyhazovacích systémů, např. počet a plochu vyhazovačů.

### 3.4 Volba vtokové soustavy

Volba vtokové soustavy je rozhodujícím faktorem pro jakost výstřiku a výrazně ovlivňuje produktivitu výroby budoucí formy. Zbytečně velké vtokové kanály znamenají velké vtokové zbytky, které zvyšují náklady na výrobu. Zvláště při vstřikování plastů, jejichž vtokové zbytky nelze znovu zpracovat, je třeba věnovat vtokové soustavě zaslouženou pozornost

Pro určení rozměrů vtokové soustavy vstřikovacích forem neexistuje v ČSSR žádná matematická metoda. Dále uvedené údaje byly stanoveny empiricky, na základě dlouholetých zkušeností v konstrukci a výrobě forem. Konečné rozměry rozváděcích kanálů a ústí vtoků se upravují na hotových formách podle výsledků získaných při zkoušení.

Při navrhování vtokové soustavy platí všeobecně tato pravidla:

- Průměr /tloušťka/ rozváděcího kanálu se volí o 10 až 20 % větší než největší tloušťka stěny výstřiku.
- U vícenásobných forem mají rozváděcí kanály ke všem tvářecím dutinám klást proudící tavenině stejný hydraulický odpor a stejně ji ochlazovat, aby se tvarové dutiny plnily současně taveninou o stejné teplotě a stejném tlaku.
- Průřezy rozvodných kanálů se zvětšují:
  - a/ čím větší je hmotnost výstřiku a tenčí jeho stěny,
  - b/ čím delší je dráha toku taveniny /rozváděcí kanály/,
  - c/ čím horší je tekutost plastu.
- Vtok má směřovat do nejtlustší stěny výstřiku.
- Ústí vtoku se provádí v takovém místě tvářecí dutiny, které umožňuje:
  - a/ snadný tok taveniny a zaručuje nejmenší počet studených spojů
  - b/ snadné odstranění vtokového zbytku
  - c/ odchod vzduchu z tvářecí dutiny.
- Na spolehlivou funkci vtokové soustavy mají rozhodující vliv zvolené technologické podmínky vstřikování /vstřikovací teplota, vstřikovací tlak, teplota formy/ a jejich do-  
držování v optimálních mezích /4/.

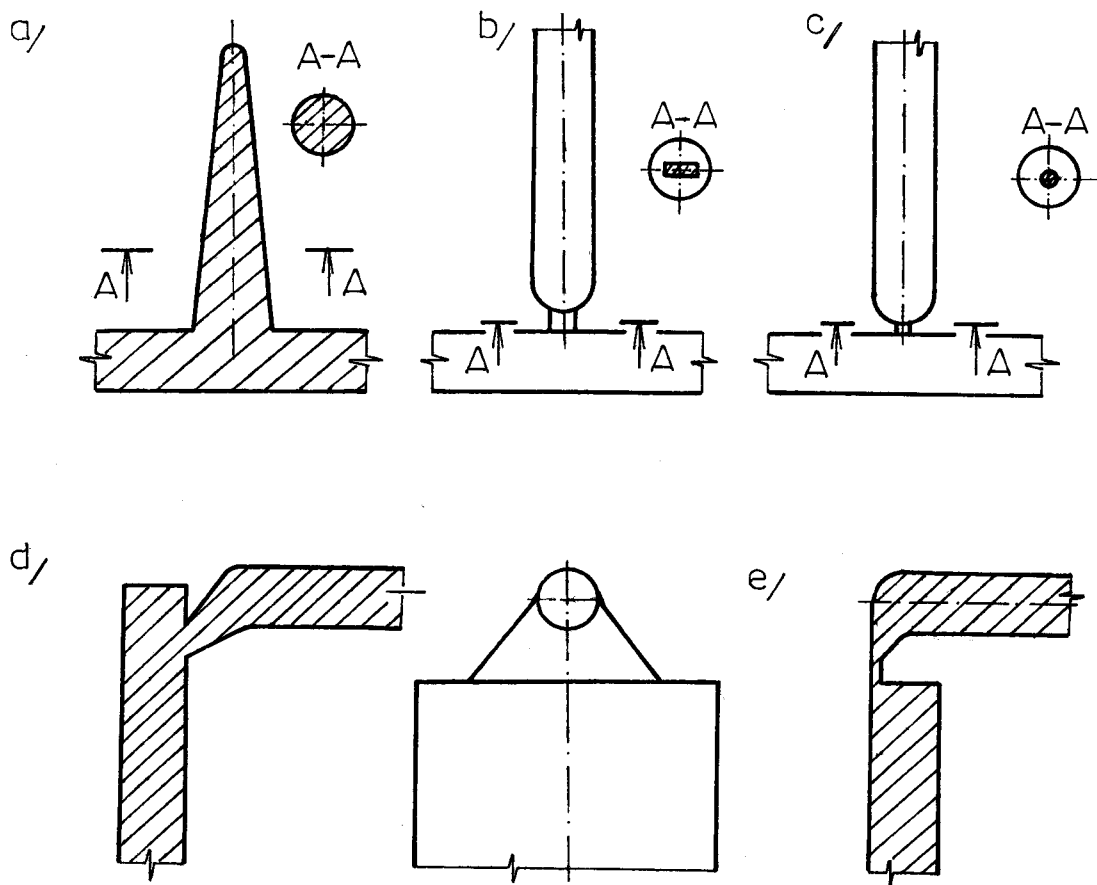
### 3.5 Vliv vtoků

Při vstřikování termoplastů má druh a umístění vtoku podstatný vliv na proudění taveniny ve formě, vytváření tzv. studených spojů, orientaci makromolekul a plniva, rovnoměrnost krystalizace, anizotropii vlastností a rozměrů, povrchový vzhled /lesk, tokové čáry/, vznik vnitřních dutin a povrchových propadlin apod.

Vtok má být zásadně řešen tak, aby tavenina naplnila formu nejkratší cestou bez velkých teplotních a tlakových ztrát, co nejrychleji a pokud možno všude ve stejném čase. Tento cíl je snáze dosažitelný u menších a tvarově jednoduchých výstřiků než u rozměrných a členitých.

Základní druhy vtoků jsou na obr. 8. Obrázek 8a ukazuje plný vtok. Jeho výhodou je malá tlaková ztráta, malá anizotropie smrštění a malé vnitřní pnutí ve výstřiku. Nevýhodou je delší výrobní cyklus a obtížné oddělování vtoku od výstřiku. Používá se hlavně pro rozměrné a pro tlustostěnné výstřiky, pro všechny druhy materiálu. Na obrázku 8c je bodový vtok, který se při otevírání formy od výstřiku samočinně odtrhne. Zbylá stopa na výstřiku je nepatrná /ještě menší při použití tzv. bezvtokového vstřikování čili horkých vtoků/ a nevyžaduje dodatečné zarovnání. Bodový vtok dává krátké výrobní časy a omezuje vznik nepříjemných tokových čar na povrchu výstřiku. Nevýhodou jsou velké tlakové ztráty. Používá se pro rychle vyráběné tenkostěnné výstřiky a pro vícenásobný vtok na jednom výstřiku. Je vhodný pro tekutější materiály, pro plněné materiály jen omezeně. Zvláštní typ bodového vtoku je tunelový vtok, obr. 8d. Obdelníkový vtok podle obr. 8b umožňuje dobré plnění formy, ale je nutné dodatečné odstraňování vtoku. Tokové čáry jsou výraznější než u bodového vtoku. Obdelníkový vtok se používá pro menší tloušťky stěny a malé rozdíly v tloušťkách stěn, při vyšších nárocích na přesnost rozměrů a tvarovou stálost. Je použitel-

ný pro všechny druhy materiálu. Obrázek 8e znázorňuje filmový /membránový/ vtok, který poskytuje výhodu rovnoměrnějšího plnění formy a malého dodatečného smršťování výstřiku. Nevýhodou je větší spotřeba materiálu a nezbytnost dodatečného odříznutí vtoku od výstřiku.



Obr. 8. Základní druhy vtoků

- a/ plný vtok
- b/ obdélníkový vtok
- c/ bodový vtok
- d/ bodový tunelový vtok
- e/ filmový /membránový/ vtok



### 3.6 Ústí vtoku

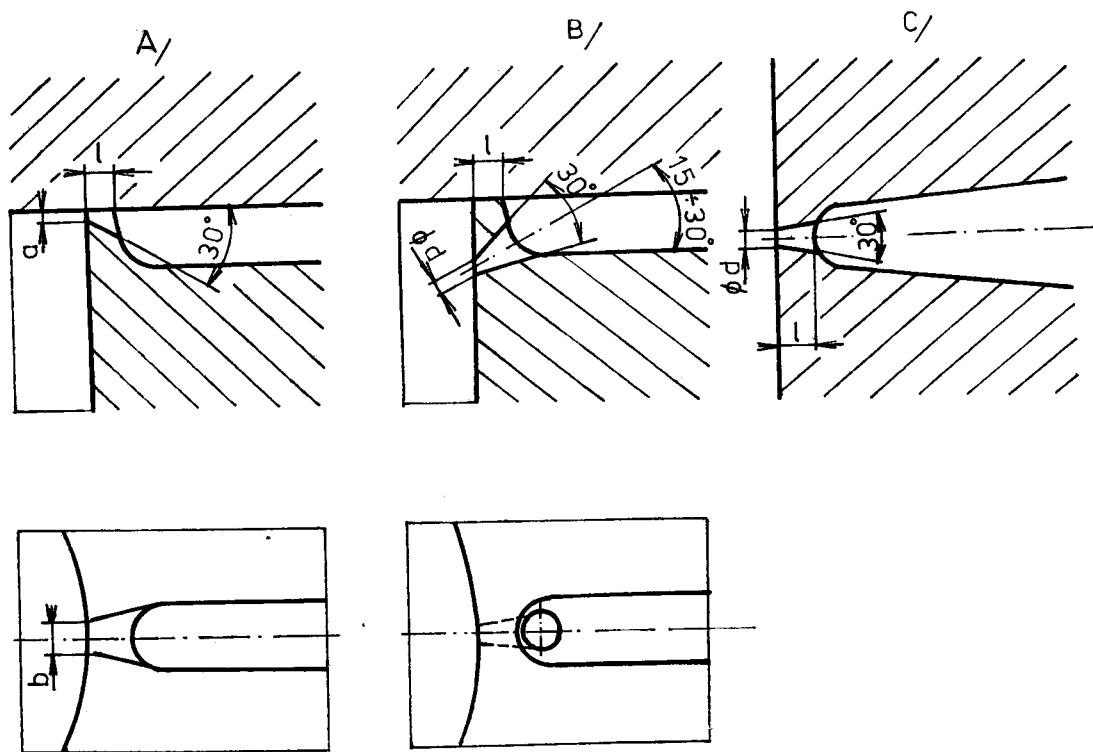
Příklady konstrukčního řešení nejčastěji užívaných typů ústí vtoků jsou na obr. 9. Ústí vtoku umožňuje oddělení výstřiku od vtokového zbytku, přitom má zaručit co nejmenší ztrátu vstřikovacího tlaku.

Výrobně nejjednodušší je boční šterbinové ústí znázorněné na obr. 9A. Výstřiky zůstávají po vyjmutí z formy spojené s vtokovým zbytkem, od kterého se musejí dodatečně oddělovat. Automatizace pracovního cyklu u takovýchto forem je velmi obtížná.

Boční bodové /tunelové/ ústí podle obr. 9B umožňuje oddělit výstřik od vtokového zbytku již v průběhu vyhazování z tvarové dutiny. Tím se dosáhne téměř neznatelné stopy po ústí vtoku. Stěna výstřiku v místě ústí vtoku má mít úkos nejméně  $2^{\circ}$ , aby nedošlo k poškození plochy /poškrabání, vylomení apod./. Tento systém vtokové soustavy je vhodný pro formy s automatickým pracovním cyklem.

Přímé bodové ústí podle obr. 9C se používá u forem se dvěma dělicími rovinami, s automatizovaným výrobním cyklem.

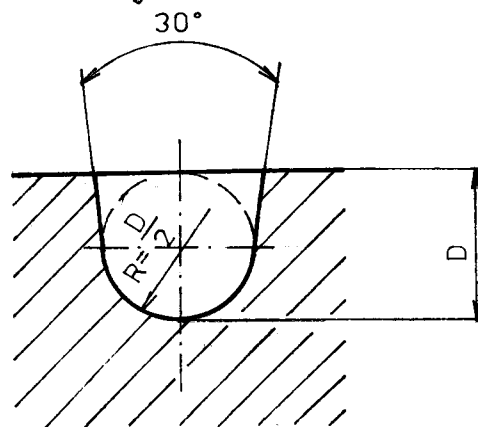
Hledání nových, výhodnějších vtokových soustav pro rostoucí řadu typů plastů a stále složitější a technicky náročnější výstřiky ve světě pokračuje /4/.



Obr. 9. Ústí vtoku  
 A/ boční štěrbinové  
 B/ boční bodové /tunnelové/ ústí  
 C/ přímé bodové ústí

### 3.7 Návrh vtokové soustavy

U vícenásobné formy se nejdříve stanoví průřez rozváděcího kanálu dle tabulky č. 1.



Obr. 10.

Tabulka č. 1

HMOTNOST VÝSTRIKU v g		D	F <sub>R</sub>	HMOTNOST VÝSTRIKU v g		D	F <sub>R</sub>
přes	do			přes	do		
	10	2,5	4,91	160	250	6	28,27
10	16	3	7,07	250	400	6,5	33,18
16	25	3,5	9,62	400	630	7	38,48
25	40	4	12,56	630	1000	7,5	44,18
40	63	4,5	15,91	1000	2500	8,5	56,74
63	100	5	19,63	2500	4000	9	63,62
100	250	5,5	23,76				

Zjištěný rozměr se upraví dle tabulky č. 2 s ohledem na délku toku /délku rozváděcího kanálu/.

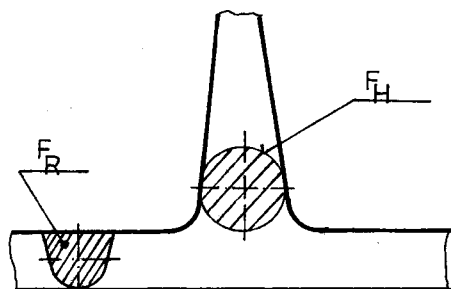
Tabulka č. 2

DÉLKA ROZVÁDĚCÍHO KANÁLU - L		ZÁKLADNÍ ROZMĚR - D							
		3	4	5	6	7	8	9	10
přes	do	UPRAVENÝ ROZMĚR - D							
	16	3	4	5	6	7	8	9	10
16	40	4	5	6	7	8	9	10	11
40	100	5	6	7	8	9	10	11	12
100	250	6	7	8	9	10	11	12	13

Z průřezu rozváděcích kanálů se stanoví pomocí vzorce /6/ průřez hlavního vtokového kanálu. Tento průřez se koriguje s ohledem na násobnost formy dle tabulky č. 3.

Tabulka č. 3

n	k
2	1
4	0,8
6	0,6
8	0,4
8	0,2



Obr. 11.

$$F_H = k \cdot n \cdot F_R \quad /6/$$

$F_H$  - průřez hlavního vtokového kanálu

$F_R$  - průřez rozváděcího kanálu

n - počet rozváděcích kanálů /většinou násobnost formy/

k - koeficient dle tabulky č. 3

### 3.8 Volba vyhazovacího systému

Pro určení síly potřebné ke stržení výstřiku z tvárníku neexistuje žádná přesná matematická metoda. Vlivů určujících velikost této síly je velmi mnoho a jsou těžko matematicky definovatelné. V první řadě zde působí smrštění plastu v závislosti na tloušťce stěny a geometrickém tvaru výstřiku, přilnavost k povrchu tvárníku v závislosti na jeho drsnosti a druhu vstřikovaného plastu. Rovněž vstřikovací tlak, teplota taveniny a teplota formy ji do značné míry ovlivňují.

Běžně se proto v konstrukci navrhuje praxí ověřené vyhazovací systémy a jen výjimečně užíje netradičního řešení.

### 3.9 Volba temperovacího systému formy

Temperováním se rozumí ochlazování nebo ohřívání forem na požadovanou provozní teplotu a udržování této teploty na stejné hodnotě. Z formy se pak již odvádí co nejrychleji a stejnoměrně nadbytečné teplo, přestupující do stěn tvářecích součástí z taveniny. K tomuto účelu se ve formě zhotovují nejrůznější soustavy kanálů a dutin pro vedení temperovací kapaliny, které nazýváme temperovací okruhy. Jejich konstrukcí je nutné věnovat náležitou pozornost. Optimální řešení rozhodujícím způsobem ovlivní jakost výstřiků, výkon a hospodárnost budoucí formy.

Největší množství forem se ve zpracovatelských závodech temperuje vodou z potoků a řek takzvanými otevřenými okruhy. Voda se přivádí do zásobníků, odkud se přes filtry rozvádí až k jednotlivým vstřikovacím strojům. Voda protéká temperovacím okruhem formy a odpadním potrubím se vrací zpět do zásobníku. Tyto otevřené okruhy mají celou řadu nedostatků:

- Velmi rozdílné teploty vody v různých ročních obdobích. Teplotu nelze regulovat.
- Voda přesto, že se filtruje, obsahuje ještě jemné kaly, které se ve formě usazují. Proto se nedoporučuje užívat temperovacích kanálů malých průměrů /pod 5 mm/.
- Vodu nelze upravovat inhibitory pro zmenšení koroze.
- Kromě usazenin kalů a rzi se z vody vytváří vodní kámen. Usazeniny zhoršují přestup tepla, zanášejí kanály a zmenšují tak průtok vody. Kanály se musí nákladně čistit.
- V mnoha oblastech značně kolísá průtok vody vodních zdrojů a mění se tak i stav v zásobnících chladicí vody u vstřikoven.

- Dochází k znečišťování vodních zdrojů, protože převážná většina vstřikoven nemá čistírny odpadních vod.

Z uvedeného je patrné, že temperování forem otevřenými okruhy je nevhodné a neekonomické, zvláště u forem s bezodpadovými vstřikovacími soustavami.

Nejúčinnější jsou uzavřené okruhy se stálou teplotou, s vodou upravenou inhibitory koroze. Z toho plyne, že ani nejlépe vyřešený temperovací okruh formy nemusí být účinný, není-li napojen na správně provedený a udržovaný rozvod.

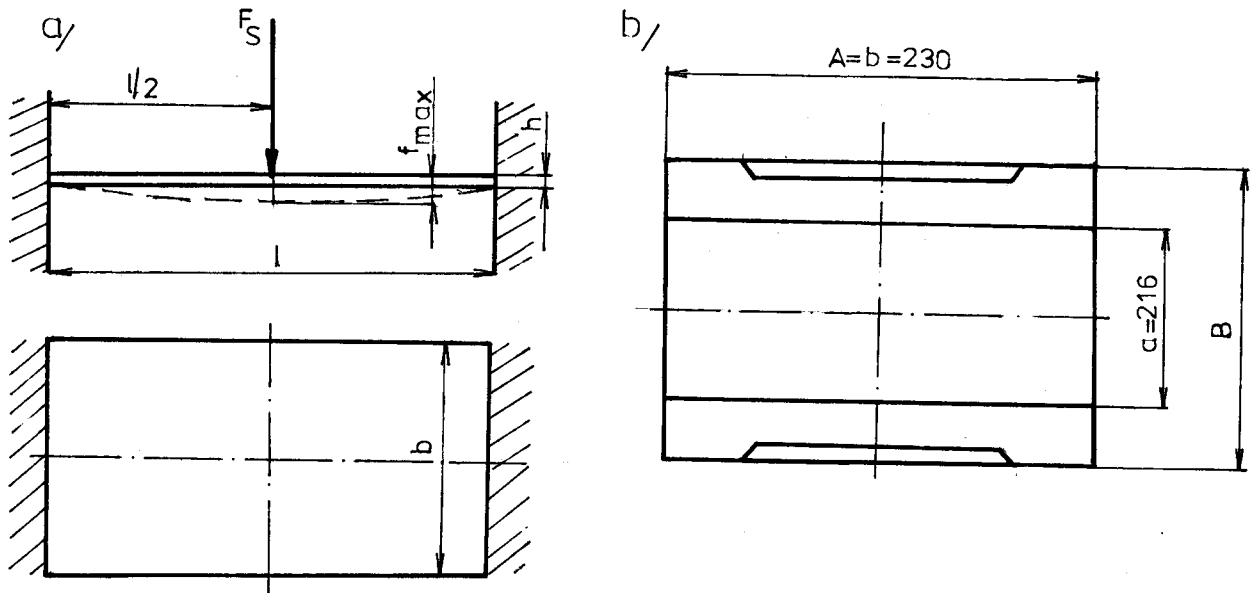
### 3.10 Uspořádání temperovacích kanálů

Intenzivního odvodu tepla se docílí nuceným prouděním temperovací kapaliny orientovaným směrem. Stále můžeme pozorovat snahu zkracovat dobu výrobního cyklu snižováním teploty temperovací kapaliny. Většinou to však vede ke zhoršení kvality výstřiků. Vyskytují se častěji vzhledové vady, trhliny vlivem koroze za napětí a důsledky dodatečného smršťování /propadliny, tvarové deformace, rozměrové změny/. To ukazuje na určité hranice intenzity chlazení. Proto v zájmu kvality výstřiků a ekonomičtější výroby je zapotřebí skoro vždycky volit kompromis.

U vstřikovacích forem se nezávisle na sobě temperuje levá /pohyblivá/ a pravá /pevná/ část formy. Chceme-li dosáhnout co nejučinnějšího odvodu tepla, musíme temperovací kanály umístit co nejbližší k tvářecí dutině formy. Průtočný průřez volíme tak velký, abychom nenarušili pevnost součásti. Nesmíme ani zapomenout na ekonomickou výrobu kanálů, nejčastěji třískovým obráběním /vrtáním, frézováním, soustružením/.

### 3.11 Pevnostní výpočty desek ráků forem

Pro rychlé orientační výpočty lze u desek ráků do rozměrů  $A \times B = 370 \times 440$  mm určit napětí v desce a průhyb desky podle obr. 10a.



Obr. 10 a/ Nosník s osamělou silou  
b/ Rozměry ráků 230 x 300 mm pro výpočet

$$A = B = \frac{F_s}{2}$$

$$M_{\text{omax}} = \frac{F_s \cdot l}{8}$$

/N . mm/

/7/

$$F_s = S \cdot \sqrt{vz}$$

/N/

/8/

$$f_{\max} = \frac{F_s \cdot l^3}{192 \cdot E \cdot I} \quad / \text{mm} / \quad / 9 /$$

kde  $F_s$  je skutečná síla od tlaku taveniny ve formě /N/

$S$  - plocha průřezu dutiny formy do dělicí roviny /mm<sup>2</sup>/

$\sigma_{vz}$  - tlak taveniny ve formě /MPa/

$E$  - modul pružnosti v tahu nebo tlaku /MPa/

$I$  - moment setrvačnosti desky formy /  $I = \frac{1}{12} b h^3$  /

Po dosazení vztahu /8/ a  $I$  do rovnice /9/ bude průhyb desky:

$$f_{\max} = 0,0625 = \frac{S \cdot \sigma_{vz} \cdot l^3}{E \cdot b \cdot h^3} \quad / \text{mm} / \quad / 10 /$$

kde  $h$  je tloušťka desky /mm/

Dovolený průhyb desky:

$$f_D = \frac{0,02}{100} \cdot l \quad / \text{mm} / \quad / 11 /$$

Napětí v desce se vypočte z rovnice pevnosti:

$$M_{\text{omax}} = W_o \cdot \sigma_{\text{omax}} \quad / \text{N} \cdot \text{mm} / \quad / 12 /$$

kde  $W_o$  je modul průřezu v ohybu /mm<sup>3</sup>/



Po dosazení /7/ a  $W_0$  do rovnice pevnosti a po úpravě bude maximální ohybové napětí v desce:

$$\sigma_{\text{omax}} = \frac{3}{4} \cdot \frac{S \cdot \tilde{\sigma}_{vz} \cdot l}{b \cdot h^2} \quad \text{/MPa/} \quad \text{/13/}$$

Ohybová tuhost desky:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot /1 - \mu^2/} \quad \text{/N \cdot mm/} \quad \text{/14/}$$

Tlak na desku  $p$  se vypočte ze síly  $F_s$ :

$$F_s = S \cdot \tilde{\sigma}_{vz} = p \cdot a \cdot b$$

$$p = \frac{S \cdot \tilde{\sigma}_{vz}}{a \cdot b} \quad \text{/MPa/} \quad \text{/15/}$$

Ohybový moment:

$$m_x = - \frac{pa^2}{12} \left[ 1 - 6 \frac{x}{a} + 6 \frac{x^2}{a^2} \right] \quad \text{/N \cdot mm/} \quad \text{/16/}$$

Maximální ohybový moment v desce bude ve vetknutí.

Pro  $m_y = \mu \cdot m_x$  bude napětí v desce:

$$\sigma_{x_{1,2}} = \pm \frac{6 \cdot m_{\max}}{h^2} \quad \text{/MPa/} \quad \text{/17/}$$

$$\sigma_{y_{1,2}} = \pm \frac{6 \cdot \mu \cdot m_{\max}}{h^2} \quad \text{/MPa/} \quad \text{/18/}$$

Redukované napětí:

$$\sigma_R = \sigma_x - \mu \sigma_y \quad \text{/MPa/} \quad \text{/19/}$$

Je-li žádoucí podrobnější výpočet desek rámu forem, je nutno postupovat podle /5/.

## 4. NÁVRH VSTŘIKOVACÍ FORMY PRO DÍLEC WA 42513

### 4.1 Konstrukce formy

Návrh vstřikovací formy jsem provedl výhradně z prvků systému RAFO z důvodu zkrácení doby vlastní výroby. Konstrukci formy jsem provedl jako dvoudeskovou, 16-ti násobnou s tunelovým vtokem. Pevná část nástroje je složena z upínací a univerzální desky. Odjížděcí část z rozpěrek, upínací, opěrné, kotevní a dvou univerzálních desek. Středění forma - stroj je realizováno středícími kroužky. Dosedací plocha obou polovin je totožná s dělicí rovinou tvaru a rozváděcích kanálů. Zaústuje do ní hlavní vtokový kanál. Tvárník, tvárnice jsou samostatné vložky a jsou společné s vtokovou vložkou chlazeny nepřímo chladicí tekutinou /vodou/ proudící vrtanými kanály v upínací a univerzálních deskách. Regulace průtoku chladicí kapaliny je příslušenstvím vstřikovacího stroje. Proti hlavnímu vtokovému kanálu je umístěn vytrhovač vtoku. Výstřiky a vtokový zbytek je na odjížděcí straně stírán současně. Setření výstřiků a vtokového zbytku zajišťují válcové vyhazovací kolíky. Sevření desek, středění a vedení nástroje v dělicí rovině zajišťují čtyři vodící sloupky a pouzdra. Vyhazovací deska je opatřena samostatným vodícím systémem a k jejímu vracení do výchozí polohy slouží čtyři vracecí kolíky opatřené odtlačovacími pružinami pro zklidnění chodu systému.

### 4.2 Funkce formy

Čísla uvedená v závorkách znamenají pozice uvedené na sestavě formy. Tavenina, vytlačovaná z trysky stroje, protéká vtokovou vložkou /9/ do hlavního rozváděcího kanálu odkud vstupuje do vedlejších rozváděcích kanálů a poté zaplňuje jednotlivé tvarové dutiny. Po ochlazení taveniny nastává fáze odstranění výstřiku z formy. Při rozevírání

formy vytahuje vytrhovač vtoku /15/ ztuhlý vtokový zbytek z vtokové vložky. Vtokový zbytek přidržuje kuželovité rozšíření válcového otvoru, do kterého zasahuje válcový vyhazovač /24/ ukotvený ve vyhazovací desce /14/. Ve stejné vyhazovací desce jsou ukotveny další válcové vyhazovače /27/, jejichž čela tvoří část tvarové dutiny formy a vratné kolíky /26/ zhotovené z válcových vyhazovačů. Hlavy vyhazovačů se opírají o opěrnou vyhazovací desku /13/. Obě desky jsou pevně spojeny šrouby a jsou opatřeny vodicími pouzdry se středěním /19/. Pohybují se na vodicích sloupcích /12/ ukotvených v upínací desce /4/. Pohyb desek je relativní - pohybuje se upínací deska stroje - ve skutečnosti se desky v určité fázi pohybu zastavují. Před ukončením rozvíření formy se do otvoru v levé upínací desce zasune vyhazovací čep stroje a posune vyhazovací desky s vyhazovači doprava. Vyhazovače vysunou výstřiky a vtokový zbytek do volného prostoru otevřené formy. Při zavírání formy se nejprve vysune vyhazovací čep z formy a vyhazovací desky se přesunou zpět do základní polohy pomocí tlačných pružin umístěných ve vyhazovacím prostoru formy. V případě únavy tlačných pružin zajistí přesun vyhazovací desky vracecí kolík. Po uzavření formy může začít další vstřikovací cyklus.

#### 4.3 Volba materiálu na výrobu formy

Při návrhu materiálu na výrobu vstřikovací formy jsem vycházel z návrhu ČSN 22 8804 a z praktických zkušeností v k.p. Tesla Jihlava. Jakost použitého materiálu a navrhované tepelné zpracování jsou uvedeny v kusovníku, který je součástí výkresu sestavy formy.

#### 4.4 Výpočty

Pro kontrolu uzavírací síly a maximálního objemového zdvihu šneku vstřikovacího stroje jsem odladil program

/viz. příloha č. 1/ podle kapitoly 3.1. Program jsem provedl v jazyku Basic a odladil na počítači IQ 151, který mi byl nejdostupnější. Jazyk Basic jsem volil proto, že prakticky všechny vyráběné minipočítače a stolní či osobní počítače umožňují v tomto jazyku programovat. Některé počítače dokonce používají jazyk Basic jako výhradní programovací prostředek z důvodů jeho pozitivních vlastností. Z nejdůležitějších bych uvedl jeho jednoduchost, široké možnosti použití pro efektivní vytváření a ladění programů.

#### Vstupní veličiny

S1	- plocha průmětu výstřiku do dělicí plochy formy /mm <sup>2</sup> /
N	- násobnost formy
L1	- délka hlavního rozváděcího kanálu /mm/
L2	- délka vedlejšího rozváděcího kanálu /mm/
N1	- počet vedlejších rozváděcích kanálů
SIGMA	- tlak taveniny ve formě /MPa/
V1	- objem výstřiku /cm <sup>3</sup> /
V2	- objem rozváděcích kanálů /cm <sup>3</sup> /
M	- hmotnost výstřiku /g/
F/MAX/	- maximální uzavírací síla vstřikovacího stroje /N/
VS/MAX/	- maximální zdvihový objem šneku vstřikovacího stroje /cm <sup>3</sup> /

Podle vztahu /1/ není nutno zadat S2, neboť program ji odvodí z monogramu /4/

#### Výstupní veličiny

S	- celková plocha průmětů dutin a rozváděcích kanálů /mm <sup>2</sup> /
F	- potřebná uzavírací síla vstřikovacího stroje /N/
V	- objem všech výstřiků a rozváděcích kanálů /cm <sup>3</sup> /

Pomocí tohoto programu lze snadno a rychle k dané vstřikovací formě přiřadit vhodný typ vstřikovacího stroje.

#### Vstupní veličiny navržené formy

S1	=	78,5 mm <sup>2</sup>	SIGMA	=	50 MPa
N	=	16	V1	=	0,122 cm <sup>3</sup>
L1	=	154 mm	V2	=	2,224 cm <sup>3</sup>
L2	=	6,5 mm	M	=	0,246 g
N1	=	16	F/MAX/	=	630 000 N
			VS/MAX/	=	88 cm <sup>3</sup>

#### Výstupní veličiny navržené formy

S = 1987,08 mm<sup>2</sup>  
F = 99353,8 N  
V = 4,176 cm<sup>3</sup>

K výpočtu desek rámu forem podle kapitoly 3.11 je možno použít program /viz. příloha č. 2/.

#### Vstupní veličiny

E - modul pružnosti v tahu nebo tlaku /MPa/  
H - tloušťka desky /mm/  
MI - Poissonovo číslo  
S - max. průmětná plocha výstřiku /mm<sup>2</sup>/  
SIGMA - tlak taveniny ve formě /MPa/  
A,B,L - rozměry rámu pro výpočet /mm/

#### Výstupní veličiny

F/MAX/ - maximální průhyb desky /mm/  
F/D/ - dovolený průhyb desky /mm/  
SIGMA OHYB /MAX/ - maximální ohybové napětí v desce /MPa/  
D - ohybová tuhost desky /N.mm/  
P - tlak na desku /MPa/

M/MAX/ - maximální ohybový moment /N.mm/

SIGMA X - napětí v desce /MPa/

SIGMA Y - napětí v desce /MPa/

SIGMA R - redukované napětí /MPa/

#### Vstupní veličiny navržené formy

E = 210 000 MPa

SIGMA = 50 MPa

H = 57 mm

A = 216 mm

MI = 0,3

B = 230 mm

S = 6 000 mm<sup>2</sup>

L = 216 mm

#### Výstupní veličiny navržené formy

F/MAX/ = 0,021 mm

M/MAX/ = -23478,3 N.mm

F/D/ = 0,0432 mm

SIGMA X = 43,36 MPa

SIGMA OHYB /MAX/ = 65 MPa

SIGMA Y = 13,01 MPa

D = 3,56 · 10<sup>9</sup> N.mm

SIGMA R = 39,45 MPa

P = 6,04 MPa

Tento program je vhodný pro desky rámu forem do obvodových rozměrů 370 x 440 mm. Pro větší desky rámu nutno postupovat podle /5/

Program /viz příloha č. 3/ slouží k navržení vtokové soustavy vícenásobné formy podle kapitoly 3.7

#### Vstupní veličiny

M - hmotnost výstřiku /g/

Ll - délka rozváděcího kanálu /mm/

N - počet rozváděcích kanálů

#### Výstupní veličiny

D - průměr rozváděcího kanálu /mm/

F - průřez rozváděcího kanálu /mm<sup>2</sup>/

DD - upravený průměr rozváděcího kanálu /mm/

FH - průřez hlavního vtokového kanálu /mm<sup>2</sup>/

Vstupní veličiny navržené formy

$$M = 0,046 \text{ g}$$

$$L1 = 8,1 \text{ mm}$$

$$N = 16$$

Výstupní veličiny navržené formy

$$D = 2,5 \text{ /mm/}$$

$$F = 4,91 \text{ /mm}^2\text{/}$$

$$DD = 3 \text{ /mm/}$$

$$FH = 15,712 \text{ /mm}^2\text{/}$$

Tyto programy by měly být vhodným pomocníkem k urychlení návrhu jednoduchých vstřikovacích forem a získat nové příznivce k zavádění výpočetní techniky v konstrukci.



## 5. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo vypracovat výkresovou dokumentaci 16-ti násobné vstřikovací formy, určené ke vstřikování dílce WA 425 13 na automatickém vstřikovacím stroji CS 88/63.

V teoretické části jsem se zaměřil na nejdůležitější konstrukční a technologické parametry, které se určitým způsobem podílí na vlastnostech finálního výrobku. Vliv jednotlivých faktorů však nelze brát izolovaně, protože spolu navzájem souvisejí a ve svých účincích se buď doplňují nebo si naopak odporují.

Konstrukčně technologický projekt, kterým se zabývám ve 3 kapitole je důležitý z hlediska konstrukčních a technologických parametrů vstřikovací formy. Vychází z geometrického tvaru, materiálu a hmotnosti výstřiku. Kromě doporučené literatury jsem při jeho návrhu vycházel z praktických zkušeností při výrobě a konstrukci forem v n.p. Plastimat Liberec a k.p. Tesla Jihlava.

Při návrhu vstřikovací formy pro výrobu dílce WA 425 13 jsem vycházel z hmotnosti a výkresu výrobku, druhu plastu, vlastností tavenin, velikosti výrobní série, požadované kvality a produktivity práce s ohledem na ekonomii výroby a proveditelnost v nástrojárně k.p. Tesla Jihlava. Zaměření bylo vedeno na funkčnost nástroje z hlediska návrhu vtokové soustavy, zaformování, středění, vedení, vyhazování a chlazení.

Myslím si, že projekt vyřešil v jednotlivých kapitolách stanovené cíle s tím, že výstupem je funkčně spolehlivý a výrobně nenáročný nástroj pro vstřikování dílce WA 425 13.

Věřím, že výsledky této práce budou v praxi uplatněny a pomohou při plnění výrobních úkolů státního plánu v k.p. Tesla Jihlava.

## 6. POUŽITÁ LITERATURA

- /1/ Krebs, J.: Teorie a technologie zpracování plastů. Vysokoškolská skripta.1981.
- /2/ Šafařík, M.: Nástroje pro tváření kovů a plastů I. Vysokoškolská skripta.1987.
- /3/ Kolouch, J.: Strojírenské výrobky z plastů vyráběné vstřikováním. Praha, SNTL 1986.
- /4/ Hendrych, J. - Weber, A. - Doležel, J.: Standardizace rámců a součástí forem pro vstřikování termoplastů. Praha, SNTL 1986.
- /5/ Panc, V.: Teorie pružných desek. Praha, Academia 1970.
- /6/ Boes, D.: Rheologische Auslegung von Spritzgießwerkzeugen. Kunststoffberater 9,10,1986.
- /7/ Loenz, J. - Růžička, J.: Krasten-Forsan. Výsledky SVÚM Praha. VČT Trutnov, 1982.
- /8/ Kulhánek, J.: Formy pro tváření plastických hmot. Praha, SNTL 1966.
- /9/ Soubor podnikových norem RAFO a katalog stavebnicových součástí RAFO, Plastimat, n.p., Liberec.

## 7. PŘÍLOHY

<u>Název</u>	<u>Číslo přílohy</u>
Kontrola uzavírací síly a max. objem. zdvihu šneku vstřik. stroje	1
Pevnostní výpočty desek rámu forem	2
Návrh vtokové soustavy	3
Zátka WA 425 13	4

1	DESKA UNIVERZÁL 082.23.30.025.4	ON 229082			KPT-01-01	1
1	DESKA UNIVERZÁL 082.23.30.025.4	ON 229082			KPT-01-02	2
1	DESKA UPÍNACÍ 010.23.30.32	ON 229010			KPT-01-03	3
1	DESKA UPÍNACÍ 010.23.30.32	ON 229010			KPT-01-04	4
1	DESKA UNIVERZÁL 011.23.30.032	ON 229011			KPT-01-05	5
16	TVAROVÁ VLOŽKA φ 19x25		19 452.4	19 452.0	KPT-01-06	6
16	TVAROVÁ VLOŽKA φ 12x25		19 452.4	19 452.0	KPT-01-07	7
16	TVAROVÁ VLOŽKA φ 19x25		19 452.4	19 452.0	KPT-01-08	8
1	VLOŽKA VTOKOVÁ 035.16.35.40	PN 9035			KPT-01-09	9
4	SLOUPEK VODICÍ 018.20.30.45	ON 229018			KPT-01-10	10
2	HOZPĚRKA TVAROVÁ 014.23.42.060	ON 229014				11
4	SLOPEK VODICÍ 023.12.090	ON 229023				12
1	DESKA VYHAZ. OPĚR 013.180.200.16	ON 229013			KPT-01-11	13
1	DESKA VYHAZ. KOT 012.180.200.12	ON 229012			KPT-01-12	14
1	VYTRHOVAČ VTOKU 039.05.25	PN 9039				15
8	PODLOŽKA ŠROUBU 021.28.20	ON 229021				16
2	KROUŽEK STŘEDICÍ 017.160.125	ON 229017			KPT-01-13	17
4	POUZDRO VODICÍ 019.20.088.50	ON 229019				18
4	POUZDRO VODICÍ 024.12.26	ON 229024				19
4	TRUBKA STŘEDICÍ 022.28.55	ON 229022				20

ZÁHÁLKA J

VSTŘIKOVACÍ  
FORMA

KPT-01-00

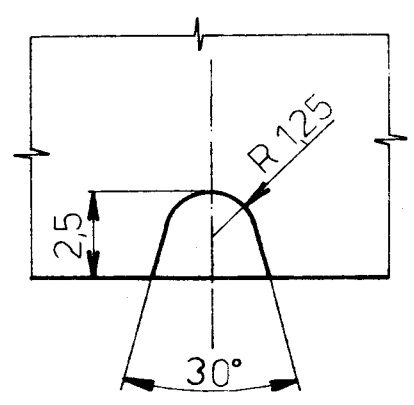
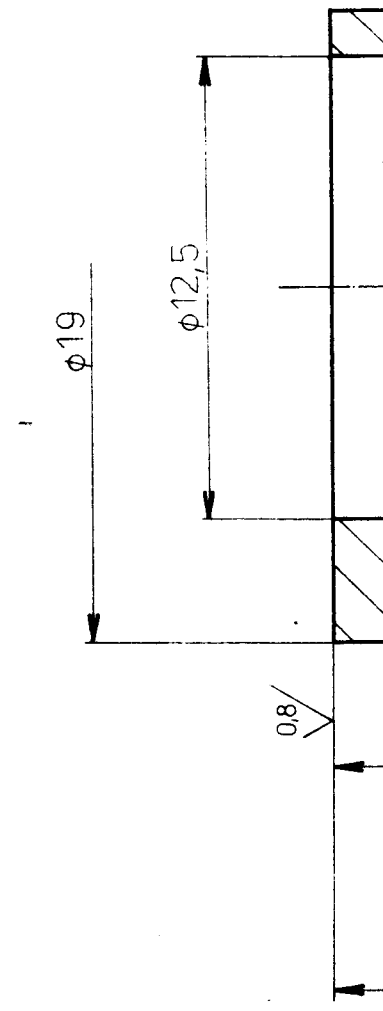
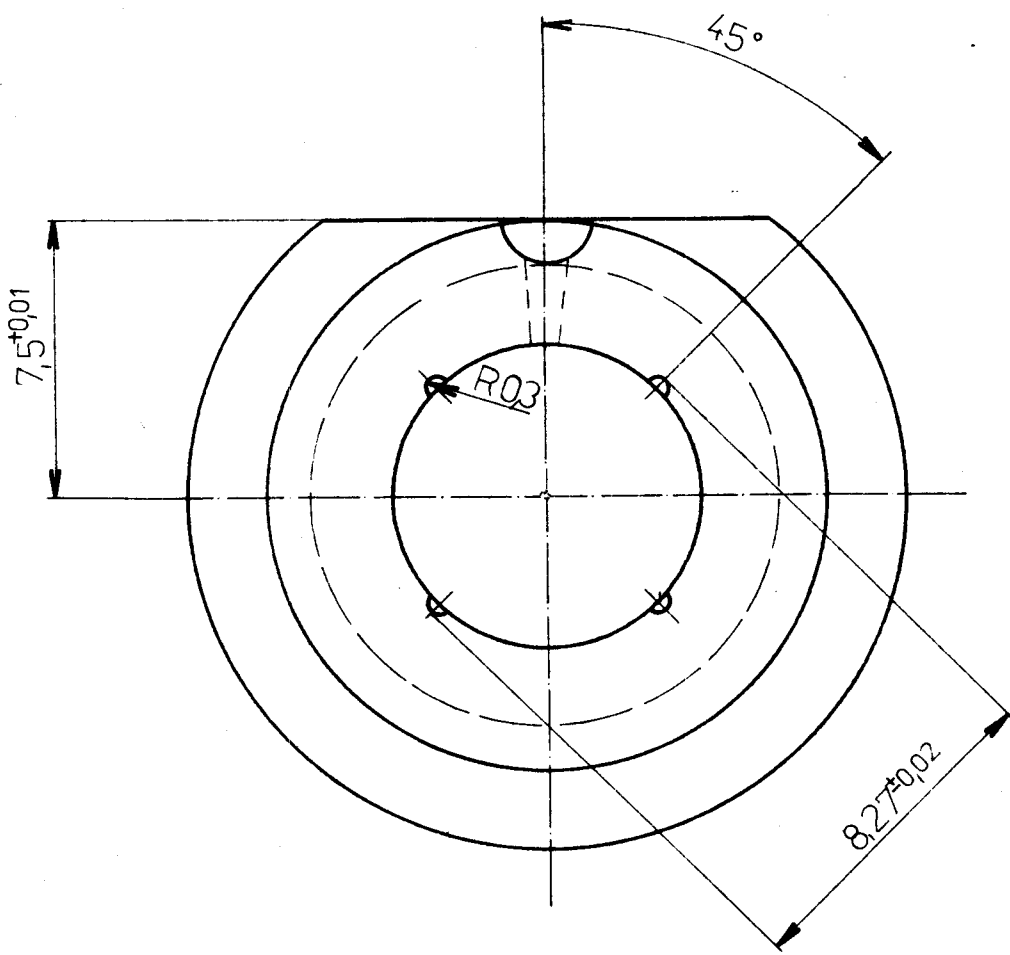
1	ZÁSLEPKA PLOCHÁ 093.12.063	PN 9093		21
6	NAUSTEK 040.10.12	PN 9040		22
10	ZÁPRA ZÁPUSTNÁ 043.12	PN 9043		23
1	VYHAZOVAČ VÁLCOVÝ 030.05.110	PN 9030	KPT-01-14	24
4	VYHAZOVAČ VÁLCOVÝ 030.04.110	PN 9030	KPT-01-15	25
4	VYHAZOVAČ VÁLCOVÝ 030.10.160	PN 9030	KPT-01-16	26
16	VYHAZOVAČ VÁLCOVÝ 030.04.110	PN 9030	KPT-01-17	27
4	PRUŽINA 2x14, 3x64x12	ČSN 026020 12 090		28
6	ŠROUB M8x20	ČSN 021143		29
4	ŠROUB M10x80	ČSN 021143		30
8	ŠROUB M6x16	ČSN 021143		31
4	ŠROUB M10x26	ČSN 021143		32
1	VÁLCOVÝ KOLÍK	ČSN 022152		33
4	PERO	3x16, 11x16, 11	19 452.4 19 452.0 KPT-01-18	34

ZAHÁLKA J.

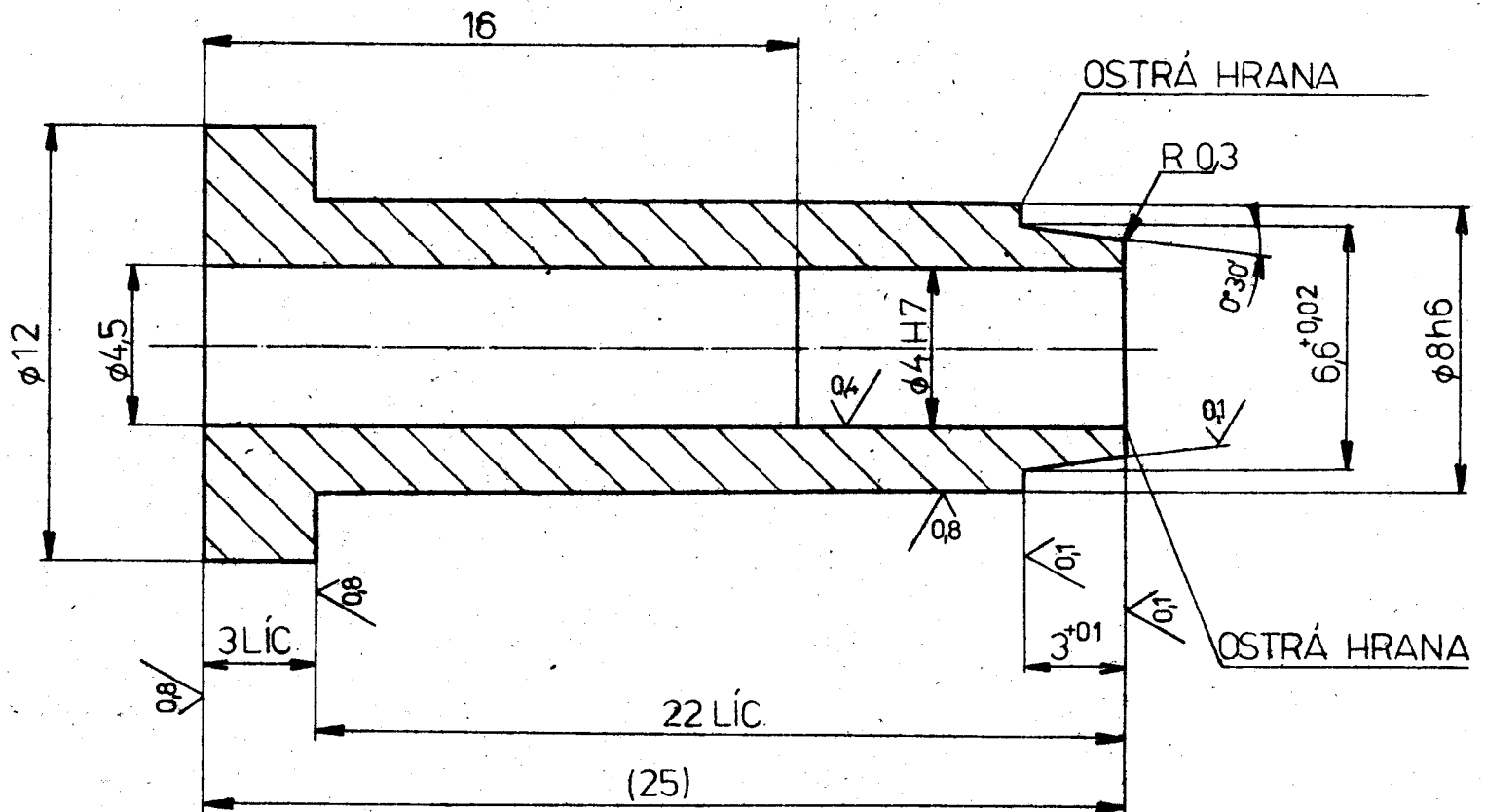
VSTRIKOVACÍ  
FORMA

KPT-01-00





3,2/ (✓)



KALIT A POPUSTIT NA 50 + 2 HRC

19452

$\phi 12 \times 25$

ZAHÁĚKA J.

27.388

STAVY V.

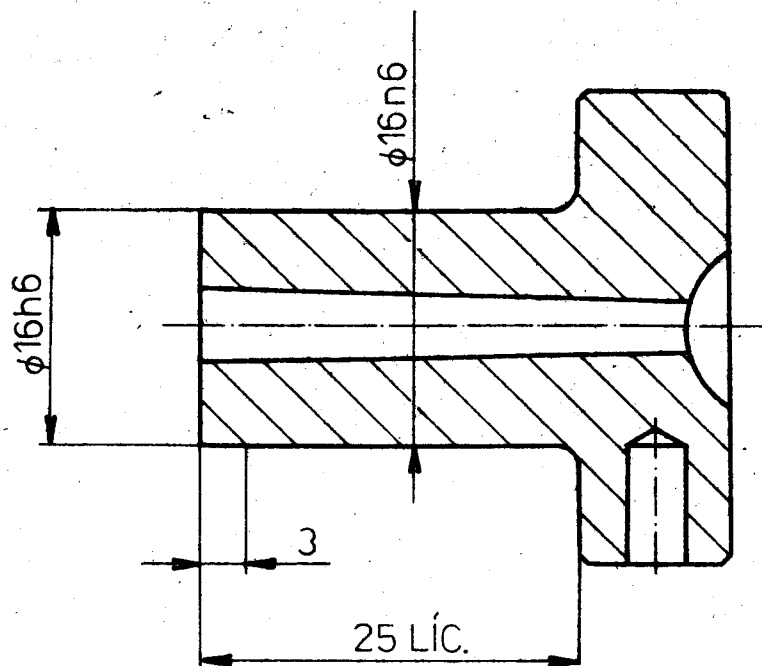
TVAROVÁ VLOŽKA

KPT-01-07

5:1







035.16.35.40 PN9035

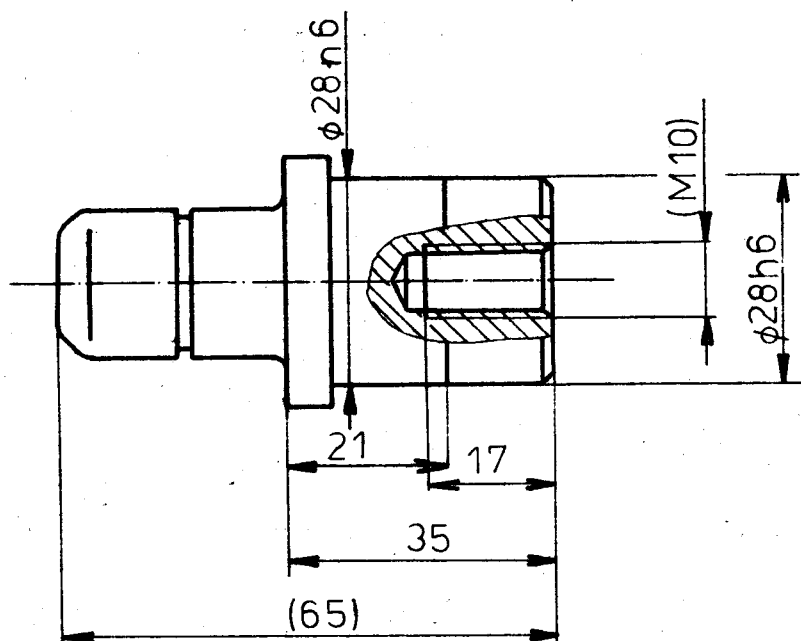
2:1

ZAHÁLKA J.

27.3.88

VLOŽKA VTOKOVÁ

KPT-01-09



018.203045 ON 229018

1:1

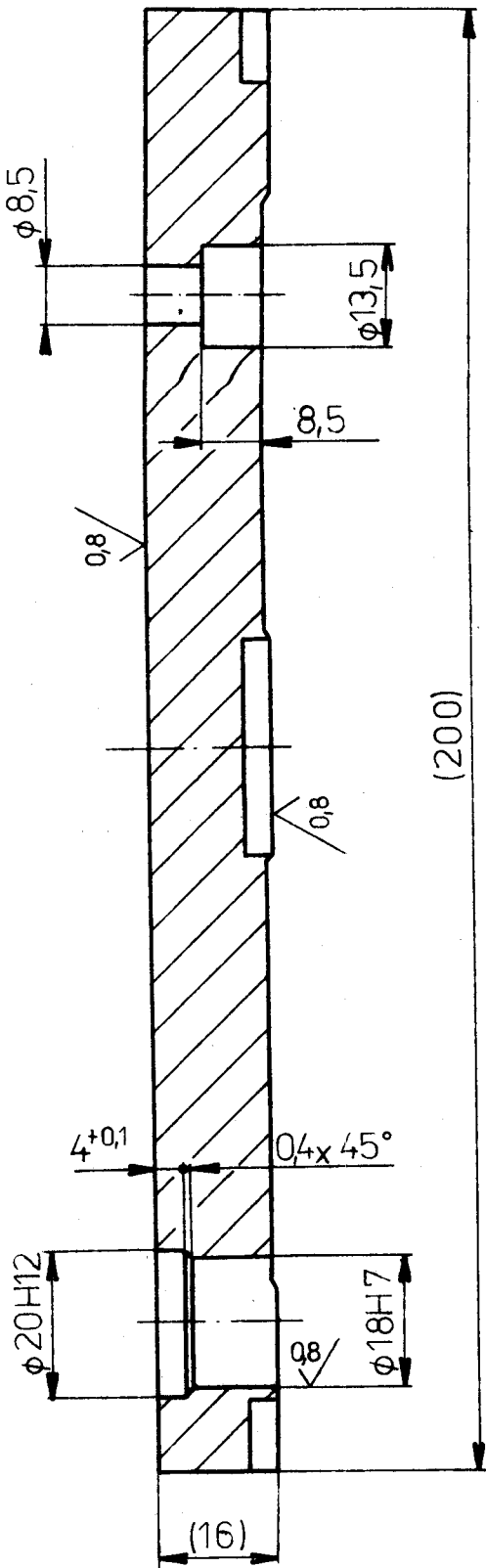
ZAHÁLKA J.

27.3.88

SLOUPEK VODICÍ

KPT-01-10

3,2/(✓)



013.180.200.16 ON.229013

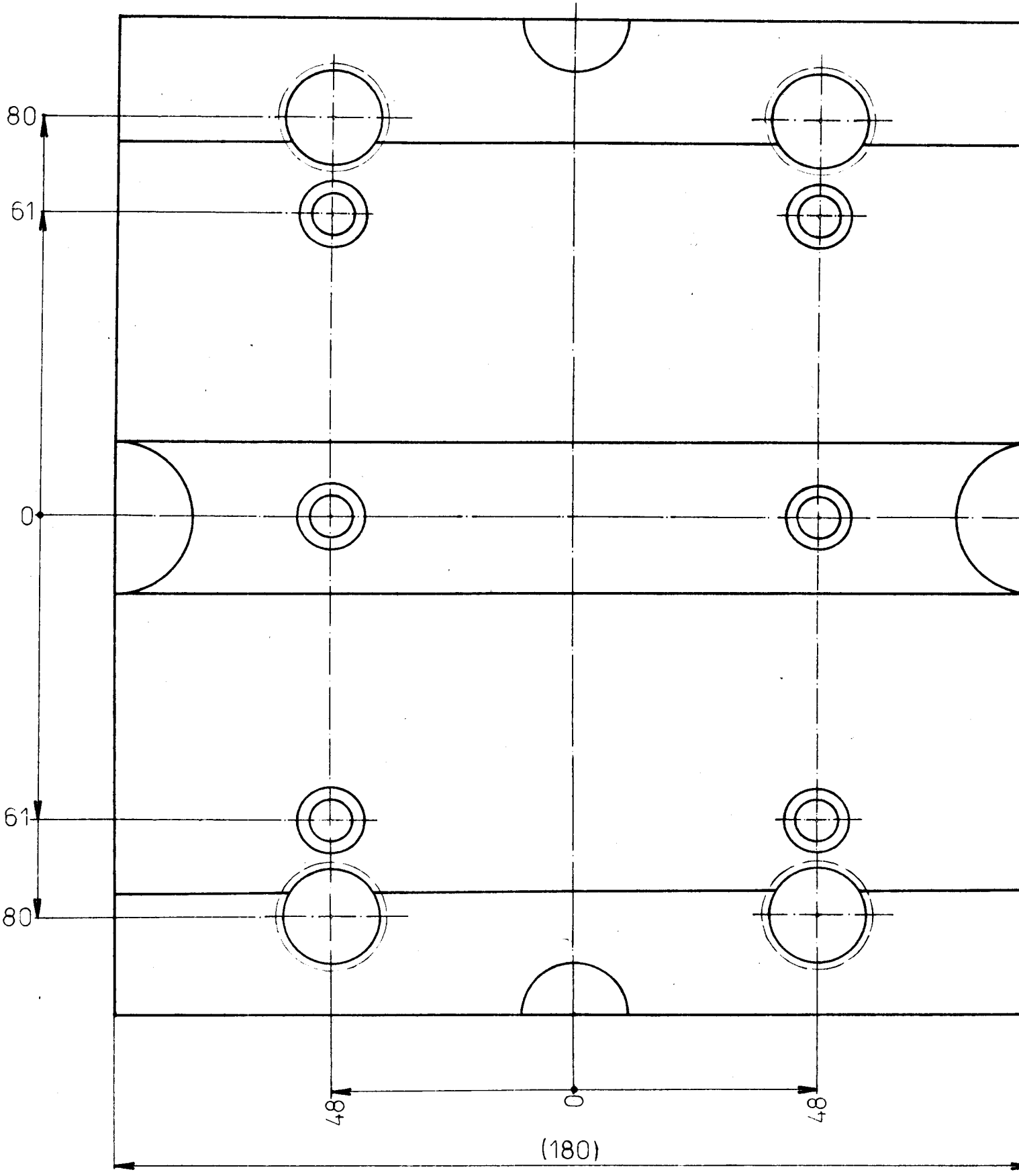
1:1

• ZAHÁLKA J.

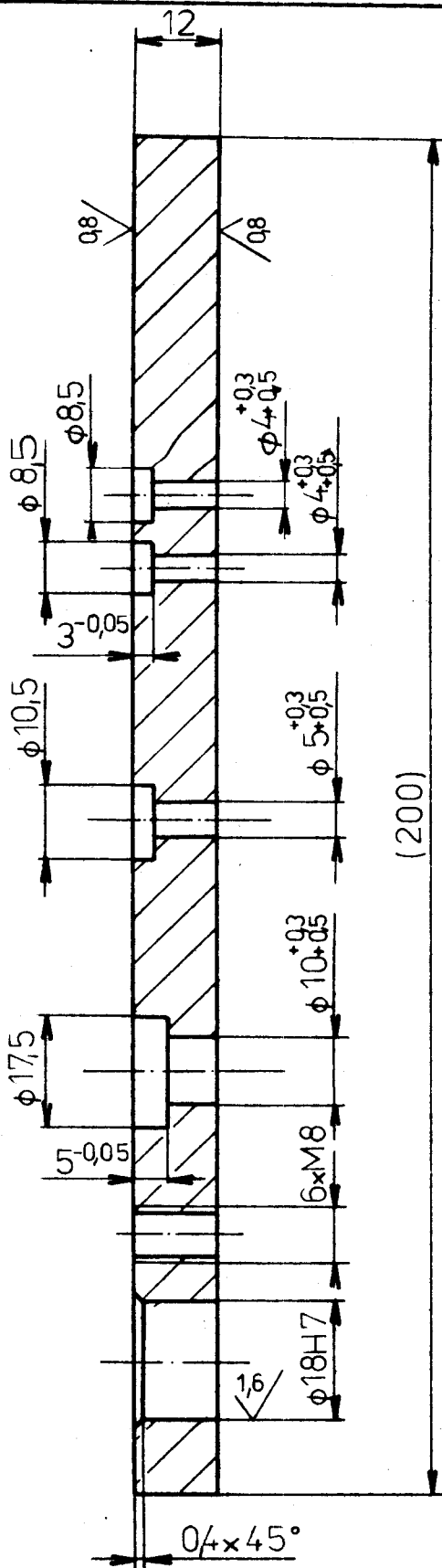
27.3.88

DESKA VYHAZOVACÍ OPĚRNÁ

KPT-01-11



3,2/(✓)



012.180.200.12 ON 229012

1:1

ZAHÁLKA J.

27.3.88

DESKA VYHAZ. KOTEVNÍ

KPT-01-12

A

80

61

48

37

26

11

0

11

26

37

48

61

80

48

32

26

11

0

11

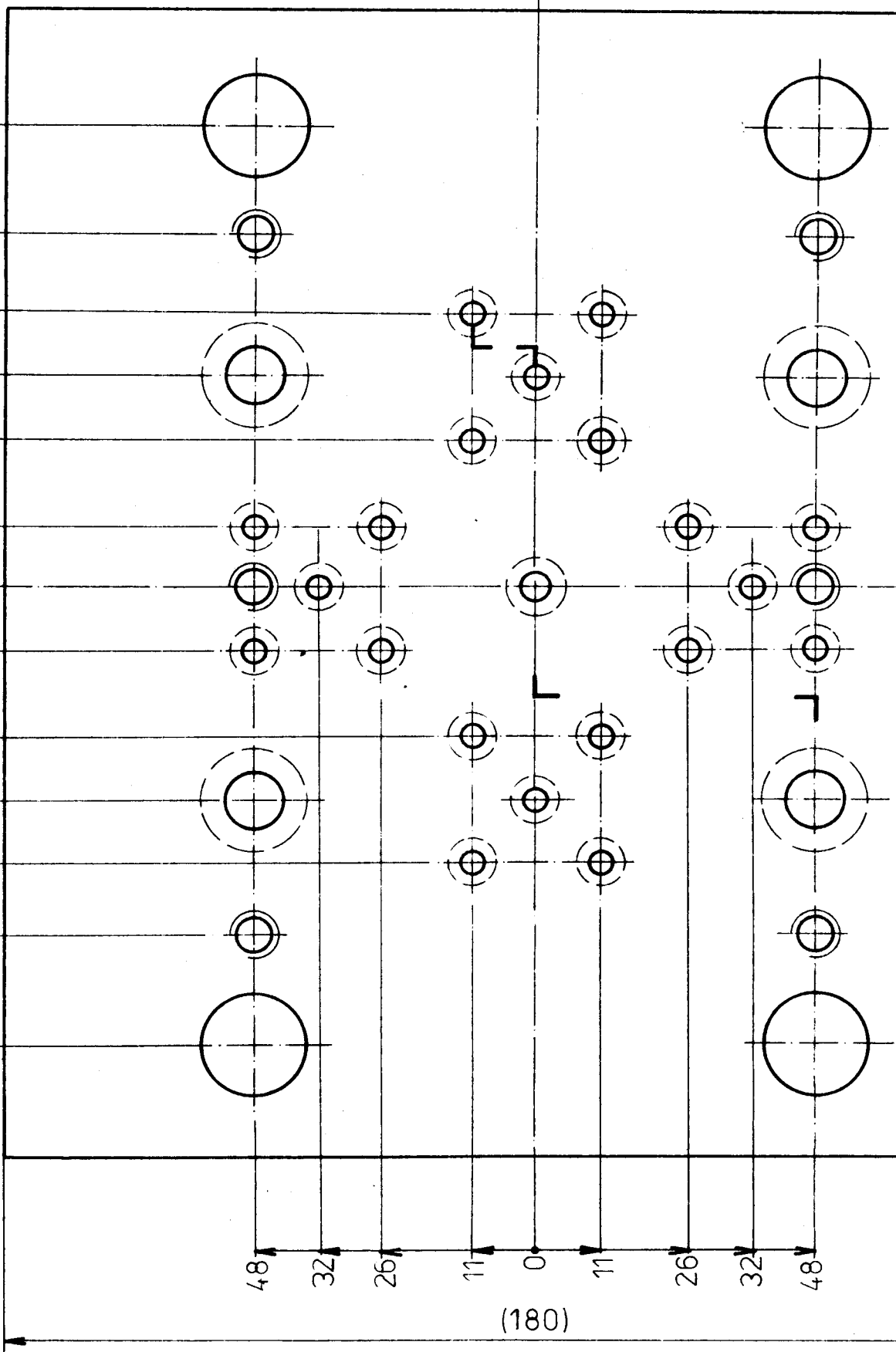
26

32

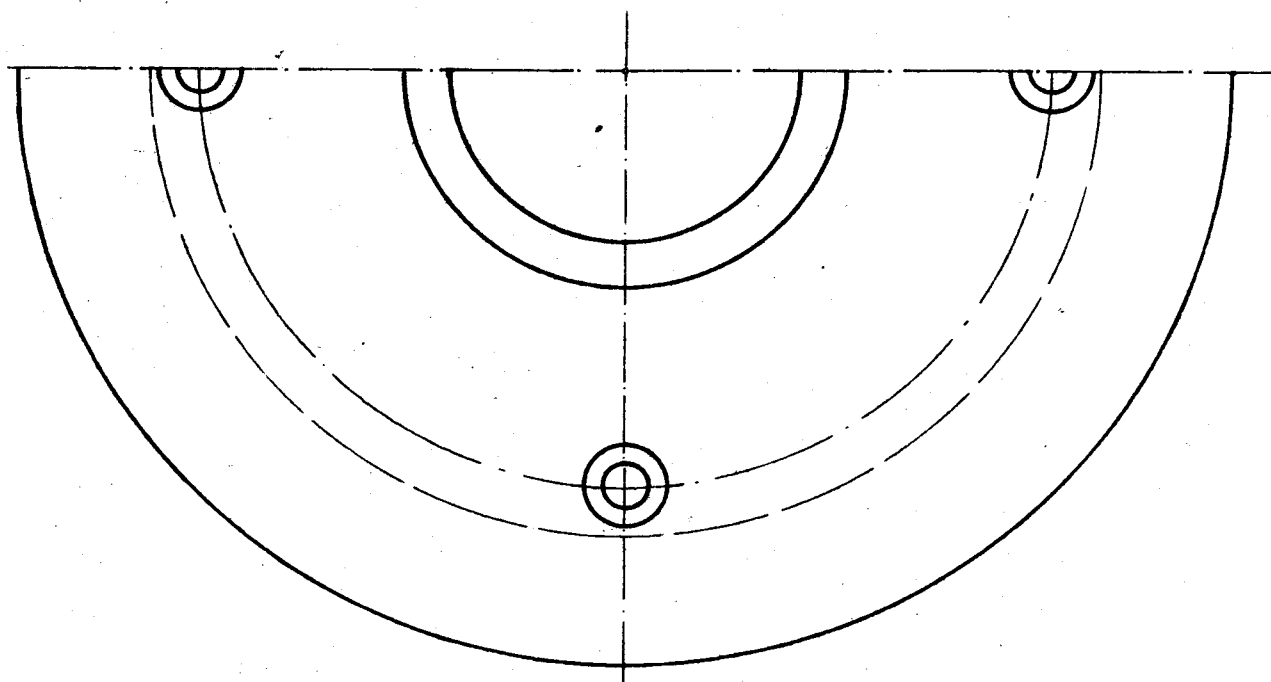
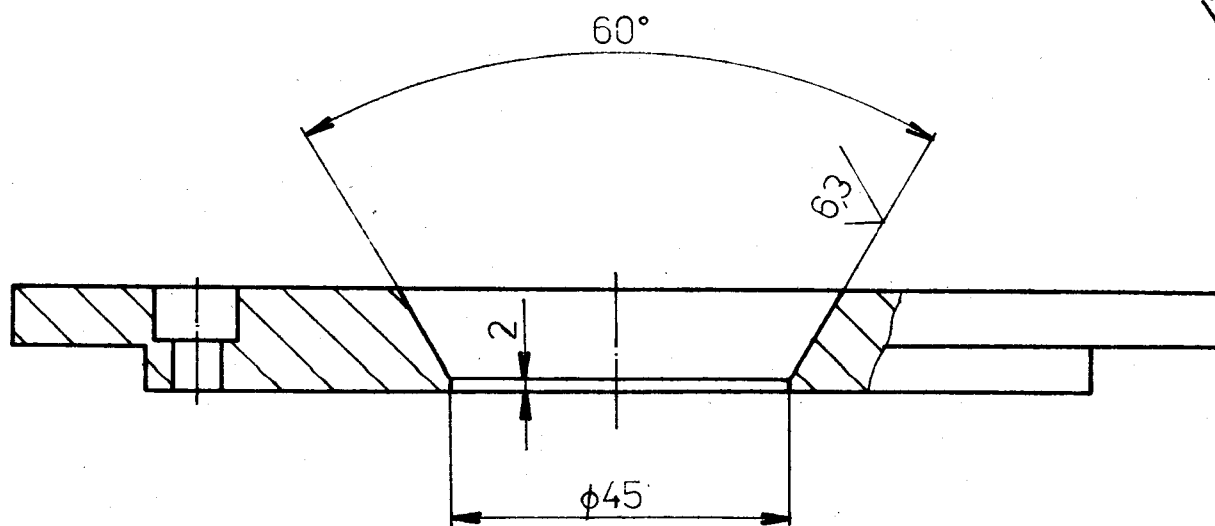
48

(180)

A



6,3



017.160.125 ON 229017

1:1

ZAHÁLKA J.

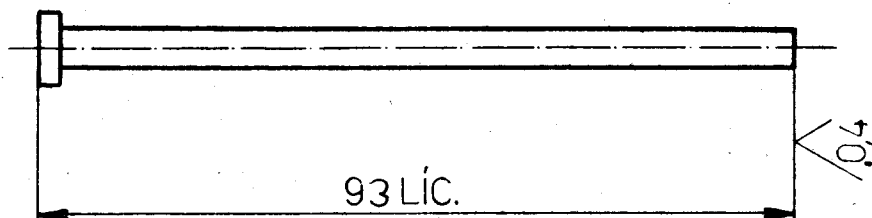
273.88

KROUŽEK STŘEDICÍ

KPT-01-13



0,4  
√



030.05.110 PN.9030

1:1

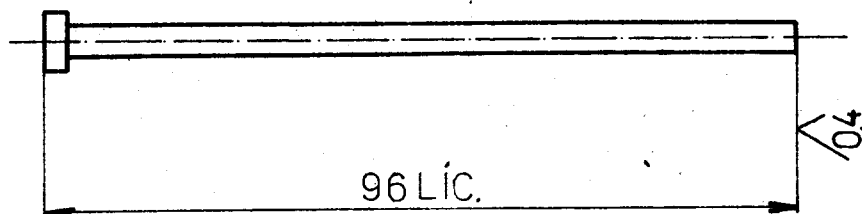
ZAHÁLKA J.

27.3.88

VYHAZOVAČ VÁLCOVÝ

KPT-01-14

0,4



030.04.110 PN 9030

1:1

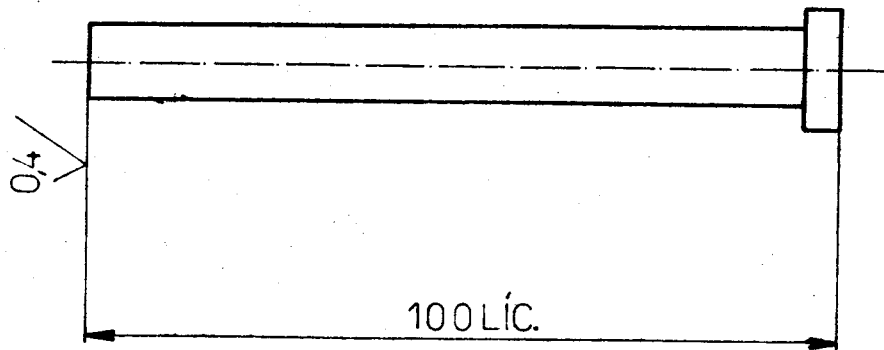
ZAHÁLKA J.

27.3.88

VYHAZOVAČ VÁLCOVÝ

KPT-01-15

0,4



030.10.160 PN 9030

ZAHÁLKA J.

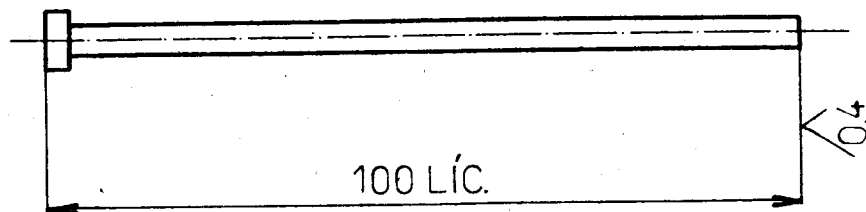
27.3.88

VYHAZOVAČ VÁLCOVÝ

KPT-01-16

1:1

0,4  
√



030.04.110 PN 9030

1:1

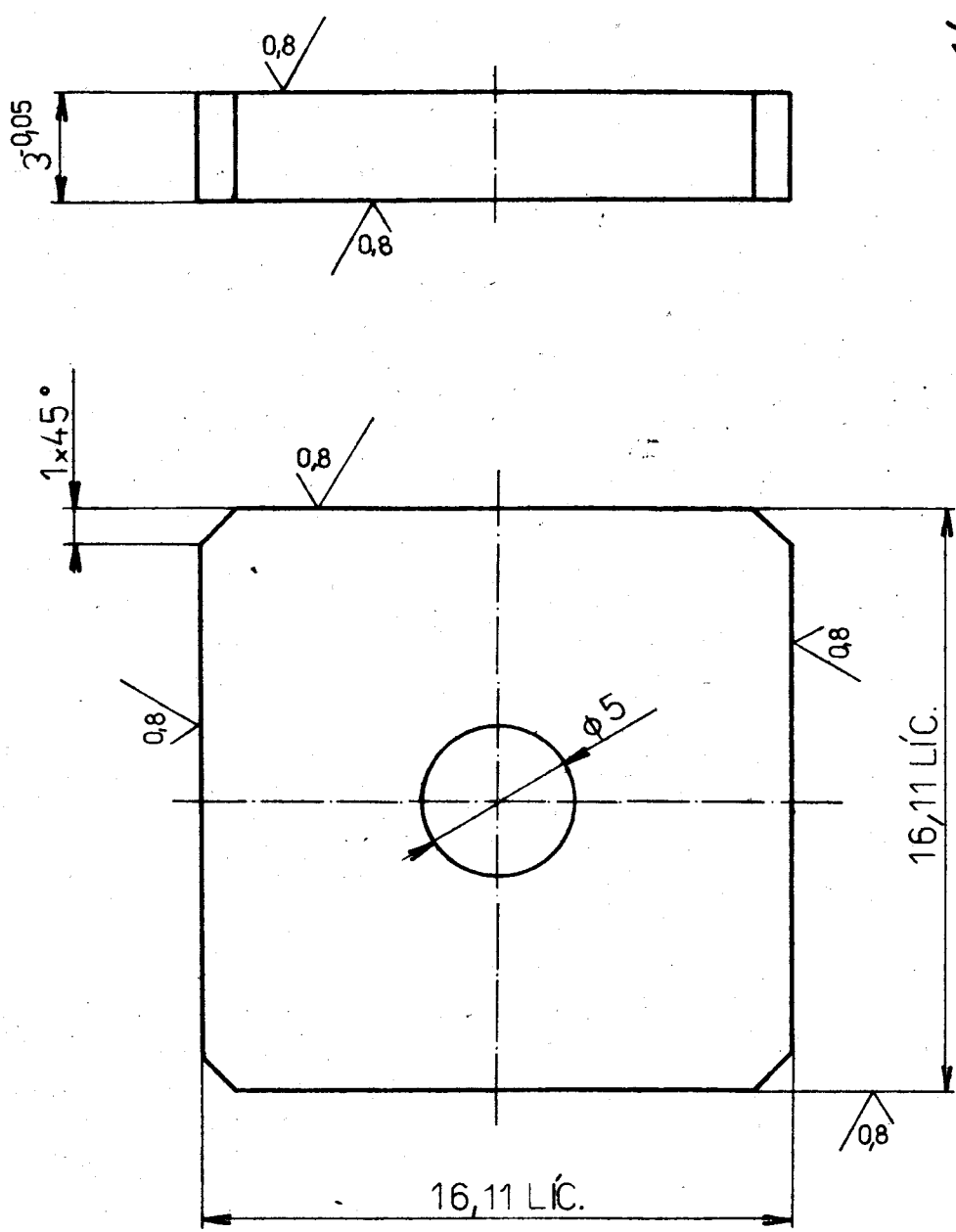
ZAHÁLKA J.

27.3.88

VYHAZOVAČ VÁLCOVÝ

KPT-01-17

3,2/ (✓)



KALIT A POPUSTIT NA 50+2 HRC

19452  
3 x 16,11 x 16,11

5:1

ZAHÁLKA J.

27.3.88

PERO

KPT-01-18



PŘÍLOHA č. 1

```

5 CLS
10 REM KONTROLA UZAVIRACI SILY A MAX. OBJEM. ZDVIHU SNEKU VSTRIK. STROJE
20 INPUT "S1="; S1
30 INPUT "N="; N
40 INPUT "L1="; L1
50 INPUT "L2="; L2
60 INPUT "N1="; N1
70 INPUT "SIGMA="; SG
80 INPUT "V1="; V1
90 INPUT "V2="; V2
100 INPUT "M="; G
110 INPUT "F(MAX)="; FM
120 INPUT "VS(MAX)="; VS
130 L=L1+N1*L2
140 IFL<=16 THEN LET SK=3.13*LOG(G)/LOG(10)-.1:GOTO190
150 IFL<=40 THEN LET SK=3.13*LOG(G)/LOG(10)+1.07:GOTO190
160 IFL<=100 THEN LET SK=3.13*LOG(G)/LOG(10)+2.40:GOTO190
170 IFL<=250 THEN LET SK=3.13*LOG(G)/LOG(10)+3.57:GOTO190
180 IFL<=630 THEN LET SK=3.13*LOG(G)/LOG(10)+4.74:GOTO190
190 S=N*S1+SK*L
200 F=S*SG
210 IFF>.9*FM THEN PRINT "UZAVIRACI SILA NEVYHOVUJE":GOTO230
220 PRINT "UZAVIRACI SILA VYHOVUJE"
230 V=N*V1+V2
240 IF V>.9*VS THEN PRINT "ZDVIHOVY OBJEM SNEKU NEVYHOVUJE":GOTO260
250 PRINT "ZDVIHOVY OBJEM SNEKU VYHOVUJE"
260 PRINT "CELKOVA PLOCHA PRUMETU DUTIN A ROZVADECICH KANALU";S
270 PRINT "POTREBNA UZAVIRACI SILA VSTRIKOVACIHO STROJE";F
280 PRINT "OBJEM VSECH VYSTRIKU A ROZVADECICH KANALU";V
290 END

```

## PŘÍLOHA č. 2

```
5 CLS
10 REM"PEVNOSTNI VYPOCTY DESEK RAMU FOREM"
20 INPUT"E=";E
30 INPUT"H=";H
40 INPUT"MI=";MI
50 INPUT"S=";S
60 INPUT"SIGMA=";SG
70 INPUT"A=";A
80 INPUT"B=";B
90 INPUT"L=";L
100 FM=0.0625*(S*SG*L*L*L)/(E*B*H*H*H)
110 FD=.02*A/100
120 MD=(3*S*SG*L)/(4*B*H*H)
130 D=E*H*H*H/12/(1-MI*MI)
140 P=S*SG/A/B
150 MM=-P*A*A/12
160 SX=-6*MM/H/H
170 SY=-6*MI*MM/H/H
180 SR=SX-MI*SY
190 PRINT"MAXIMALNI PRUHYB DESKY F(MAX)=";FM
200 PRINT"DOVOLENY PRUHYB DESKY F(D)=";FD
210 PRINT"MAXIMALNI OHYBOVE NAPETI V DESCE SIGMA OHYB.(MAX)=";MD
220 PRINT"OHYBOVA TUHOST DESKY D=";D
230 PRINT"TLAK NA DESKU P=";P
240 PRINT"MAXIMALNI OHYBOVY MOMENT M(MAX)=";MM
250 PRINT"NAPETI V DESCE SIGMA X=";SX
260 PRINT"NAPETI V DESCE SIGMA Y=";SY
270 PRINT"REDUKOVANE NAPETI SIGMA R=";SR
280 END
```



PŘÍLOHA č. 3

```

5 CLS
10 DIMM(15):DIMD(15):DIMF(15):DIMDD(10,10):DIMZ(10):DIMP(10)
20 INPUT "M=";M
30 INPUT "L1=";L1
40 INPUT "N=";N
50 FOR I=1 TO 13
60 READM(I)
70 READD(I)
80 READF(I)
90 NEXTI
100 FOR I=1 TO 13
110 IF M(I)<M THEN GOTO140
120 LETZ=I
130 GOTO150
140 NEXTI
150 PRINT "PRUMER ROZVADECIHO KANALU D(";Z;")=";D(Z)
160 PRINT "PRUREZ ROZVADECIHO KANALU F(";Z;")=";F(I)
170 LETFR=F(I)
180 FOR I=1 TO 4
190 FOR J=1 TO 7
200 READ T(I,J)
210 NEXTJ:NEXTI
220 FOR I=1 TO 4
230 READ L(I)
240 NEXT I
250 FOR I=1 TO 7
260 READ P(I)
270 NEXT I
280 FOR I=1 TO 7
290 IF P(I)<D(Z) THEN GOTO310
300 LET K=I:GOTO320
310 NEXT I
320 FOR I=1 TO 4
330 IF L(I)<L1 THEN GOTO 360
340 LET R=I
350 GOTO 370
360 NEXTI
370 PRINT "UPRAVENY PRUMER ROZVADECIHO KANALU DD(";R;",";K;")=";T(R,K)
380 FOR I=1 TO 5
390 READN(I)
400 READK(I)
410 NEXTI
420 IFN>8GOTO440
430 GOTO450
440 LET V=5
450 FORI=1TO4
460 IFN(I)=NGOTO480
470 GOTO500
480 LETV=I
490 GOTO510
500 NEXTI
510 LETFH=K(V)*N*FR
520 PRINT "PRUREZ HLAVNIHO VTOKOVEHO KANALU FH=";FH

```

PŘÍLOHA č. 3 pokrač.

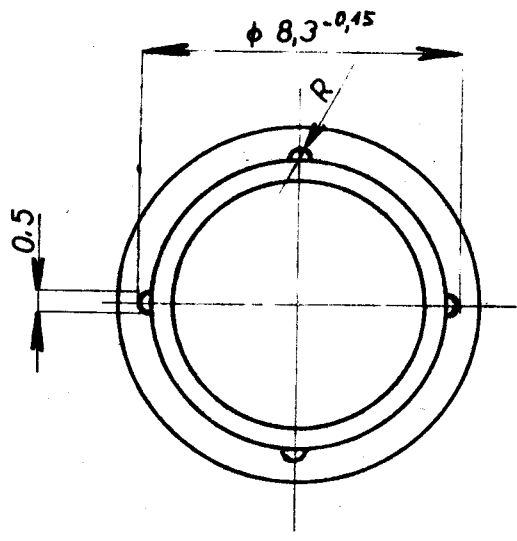
530 DATA 10, 2.5, 4.91, 16, 3, 7.07, 25, 3.5, 9.62, 40, 4, 12.56, 63, 4.5, 15.91, 100, 5, 19.63  
540 DATA 160, 5.5, 23.76, 250, 6, 28.27, 400, 6.5, 33.18, 630, 7, 38.48, 1000, 7.5, 44.18  
550 DATA 2500, 8.5, 56.74, 4000, 9, 63.62  
560 DATA 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12  
570 DATA 16, 40, 100, 250  
580 DATA 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9  
590 DATA 2, 1, 4, .8, 6, .6, 8, .4, 32, .2  
600 END

3 Použití:

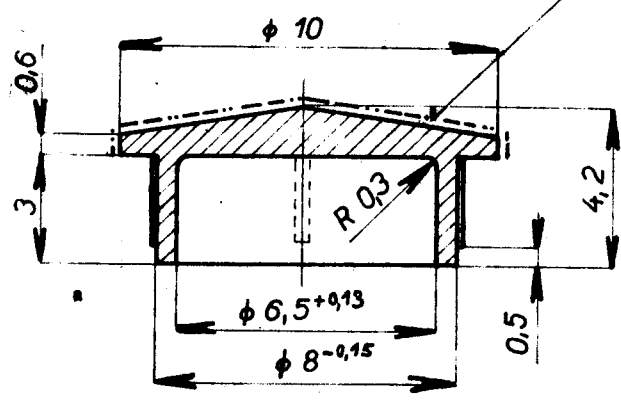
- WF 243 07
- WF 243 08
- WF 243 09
- WF 243 11
- WF 243 13
- WF 243 33
- WF 243 39
- WF 243 40
- WF 243 43
- WF 243 60
- WF 243 81
- WF 243 88
- WF 243 89
- WF 243 111
- WF 243 114
- WF 243 82
- WF 243 03
- WF 243 05
- WF 243 04
- WF 243 10
- WF 243 12
- WF 243 14
- WF 242 15

PŘÍLOHA č. 4

NETOLEROVANÉ ROZMĚRY DLE ČSN 64 0006



VZHLEDOVÁ PLOCHA.



ZÁTKA MUSÍ JÍT VSUNOUT DO OTVORU  $\phi 8^{+0,1}$   
 DILŮ WF 243 06; WF 243 46; WF 243 50; WF 243 38  
 TĚSNĚ SUVNĚ.  
 PRO VÝROBEK PLATÍ ČSN 64 0011.

ÚSTÍ VTKOŮ, UMÍSTĚNÍ VYHAZOVAČŮ A DĚLIČÍ ROVINY PROVEDENO MIMO VZHLEDOVÉ PLOCHY.

Touto výkres jest důležitým vlastnictvím firmy TESLA, národní podnik. Použit může být jen se souhlasem nebo podle příkazů daných firmou TESLA. Zneužití bude stíháno soudně.

Číslo váha na 100 kusů  
 Zúšlechťení  
 Materiál

$\triangle$  KRASTEN 552 ODSŤIN 9113  
 89/77 15.3.79 d. 1x  
 68/75 12.9.75 c  
 172/72 26.3.75 b 1x

Meřtko. 5:1	Vypracoval <i>ZD</i>	Norm. ref. <i>hřích</i>	T. P. V.	36/69	26 70	Konevka 2
	Přezkoušel <i>hřích</i>	Uvořeno pro výrobu	pro outř. sort <i>hřích</i> 27.8.65	23/70	12.3.70	
	Schválil <i>hřích</i>	Datum 30.4.1965		2416-410	15.4.66	
Typ <b>SPJOVACÍ A OVLÁDACÍ PRVKY</b>			20/76 10.3.76 d. 1x	9496 905	6.4.66	
Název <b>ZÁTKA</b>			Starý výkres 1A A 425 87	1	1	
Žávod číslo 24 Oddělení 768			<b>WA</b>	100 <b>425 13</b>		