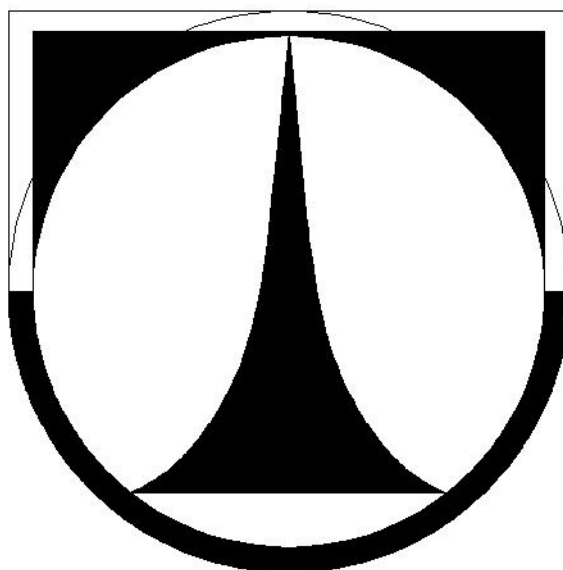




TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Konstrukce formy pro 2K proces vstřikování

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Ondřej Šorf

2013

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program N2301 – Strojní inženýrství

2303T002 Strojírenská technologie

zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Konstrukce formy pro 2K proces vstřikování

Construction of mold for 2K injection moulding process

Bc. Ondřej Šorf

Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld, – *TU v Liberci*

Konzultant diplomové práce: Ing. Aleš Ausperger, Ph.D. – *TU v Liberci*

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 91

Počet tabulek: 19

Počet příloh: 29

Počet obrázků: 61

Datum: 24.5.2013



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení

Bc. Ondřej Š O R F

Studijní program

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor

2303T002 Strojírenská technologie

Zaměření

Tváření kovů a plastů

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje diplomová práce na téma:

Konstrukce formy pro 2K proces vstřikování

Zásady pro vypracování:

(uveďte hlavní cíle diplomové práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Rešerše technologií a konstrukce forem pro dvoukomponentní díly.
2. Návrh a konstrukce dílu pro dvoukomponentní vstřikování.
3. Konstrukce vstřikovací formy pro dvoukomponentní vstřikování.
4. Vyhodnocení výsledků, doporučení pro výrobu.





Forma zpracování diplomové práce:

- průvodní zpráva: v rozsahu cca 50 stran
- přílohy: grafy, tabulky

Seznam literatury (uveďte doporučenou odbornou literaturu):

- [1] SOVA, M. , KREBS, J. *Termoplasty v praxi: Praktická příručka pro konstruktéry, výrobce, zpracovatele a uživatele termoplastů*, Praha: Verlag Dashöfer, 2001.
- [2] STOECKHERT, K. - MENNIG, G.: *Mold Making Handbook*, Hanser, 1998.
- [3] HERBERT, K. : *Mold Engineering*, Verlag Hanser, 1995.
- [4] Firemní materiály.

Vedoucí diplomové práce: prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld

Konzultant diplomové práce: Ing. Aleš Ausperger, Ph.D.



prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
vedoucí katedry

M. Malý
doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
děkan

V Liberci dne 17. 2. 2013

Platnost zadání diplomové práce je 15 měsíců od výše uvedeného data. (v uvedené lhůtě je třeba podat přihlášku ke SZZ). Termíny odevzdání diplomové práce jsou určeny pro každý studijní rok a jsou uvedeny v harmonogramu výuky.

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Student: Bc. Ondřej Šorf

Téma práce: **Konstrukce formy pro 2K proces vstřikování**

Construction of mold for 2K injection moulding process

Číslo DP:

Vedoucí DP: prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld – *TU v Liberci*

Konzultant DP: Ing. Aleš Ausperger, Ph.D. – *TU v Liberci*

Abstract

Tato diplomová práce se zabývá návrhem a konstrukcí 2K vstřikovací formy pro vybraný plastový díl. První část (rešeršní část) popisuje teoretické znalosti o procesu vstřikování včetně vícekomponentního vstřikování a konstrukce forem pro tyto procesy. Druhá část práce obsahuje návrh plastového dílu, simulaci vstřikování, návrh a konstrukci formy, popis a vysvětlení konstrukčních řešení provedených pro 2K vstřikování. Příloha této práce obsahuje výkresy sestavy formy a výkresy součástí a další dokumenty. Tato diplomová práce byla vypracována v rámci řešení projektu SGS 28005.

Klíčová slova: vstřikování plastů, multikomponentní vstřikování, forma pro vstřikování plastů, návrh formy

Abstract

This Master thesis deals with design and construction of 2K injection mold for engaged plastic part. The first part (recherche part) of thesis describes theoretical knowledge about an injection moulding process including a multi-component moulding and construction of molds for these processes. The second part of thesis contains plastic part design, simulations of moulding, design and construction of mold, description and explanation of construction of this mold for 2K moulding process. Appendix of this thesis consists of drawings of mold assembly and components and other documents. This thesis was written out within the solution of the project SGS 28005.

Key words:

injection molding, multi-component injection molding, plastic injection mold, mold design

Místopřísežné prohlášení:

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

V Liberci, 24. května 2013

.....

Bc. Ondřej Šorf

Jaselská 1017

506 01 Jičín

Poděkování

Děkuji svým rodičům za jejich trpělivost a všestrannou podporu během mých studií. Vděčím jim i za řadu drobných rad, připomínek, vztahujících se k této práci, a pomoc při její korekci.

Poděkování patří též prof. Dr. Ing. Petru Lenfeldovi a Ing. Aleši Auspergerovi, Ph.D., za odbornou pomoc a cenné podněty, které mi při vypracovávání této diplomové práce poskytli.

Bc. Ondřej Šorf

OBSAH

Seznam použitých zkratk a symbolů	8
1 Úvod- plasty a jejich zpracování	9
2 Technologie vstřikování plastů	11
2.1 Vstřikovací cyklus	11
2.2 Speciální vstřikovací technologie	13
2.2.1 Vícekomponentní vstřikování	14
2.2.1.1 Princip vícekomponentního vstřikování	15
2.2.1.2 Kombinace materiálů	16
3 Stroje pro vstřikování plastů	18
3.1 Základní princip vstřikovacího stroje	18
3.2 Stroje pro vícekomponentní vstřikování	19
4 Vstřikovací formy	22
4.1 Druhy forem	22
4.1.1 Základní části vstřikovacích forem	23
4.1.2 Vtoková soustava	25
4.1.3 Vyhazovací prvky	30
4.1.4 Temperační systém	34
4.1.5 Odvzdušnění forem	36
4.2 Formy pro vícekomponentní vstřikování	38
4.2.1 Rotace nástroje	38
4.2.1.1 Rotace formy kolem vodorovné osy	39
4.2.1.2 Rotace formy kolem vertikální osy	40
4.2.1.3 Rotace části formy kolem vodorovné osy	43
4.2.2 Forma s posuvným tvárníkem	44
4.2.3 Použití robotu	45
5 Praktická část	47
5.1 Návrh dílu	48
5.2 Končetiny s válcovými výstupky	49
5.3 Výběr materiálu	50

5.3.1.1	Simulace vstřikovacího cyklu	53
6	<i>Návrh konstrukce dvoukomponentní vstřikovací formy</i>	58
6.1	Volba vstřikovacího stroje	58
6.2	Zvolená koncepce formy pro dvoukomponentní vstřikování	61
6.2.1	Předpokládaná funkce formy během vstřikovacího procesu	61
6.3	Návrh jednotlivých částí formy	63
6.3.1	Rám formy	64
6.3.2	Vložky tvárníku a tvárnice	67
6.3.2.1	Středění a upínání rámu formy	70
6.3.3	Vtoková soustava	72
6.3.4	Temperace formy	77
6.3.5	Odvzdušnění formy	80
6.3.6	Vyhazovací systém	81
7	<i>Doporučení pro výrobu</i>	82
8	<i>Závěr</i>	83
	<i>Použité zdroje</i>	85
	<i>Seznam příloh</i>	89

Seznam použitých zkratek a symbolů

2K	dvoukomponentní
obr.	obrázek
tab.	tabulka
°	stupeň
'	minuta
mm	milimetr
s	sekunda
%	procento
např.	například
°C	stupeň Celsia
Cu	cuprum, měď
Be	beryllium
Al	aluminium, hliník
C	uhlík
Si	křemík
Mn	mangan
Cr	chróm
Mo	molybden
V	vanad
HRC	jednotka tvrdosti podle Rockwella
PCB/ABS	polykarbonát/akrylonitril-butadién-styrén
TPE	termoplastický elastomer
3D	trojrozměrný
CAE	Computer aided engineering
CAD	Computer aided design
STL	Standard Template Library
mm ²	milimetr čtverečný
cm ²	centimetr čtverečný
cm ³	centimetr krychlový
cm ³ /s	centimetr krychlový za sekundu
MPa	megapascal
kN	kilonewton
g	gram
kg/hod	kilogram za hodinu
ČSN	Česká technická norma
max.	maximálně
cca	přibližně
φ	průměr

1 Úvod- plasty a jejich zpracování

Ačkoli plasty obvykle pokládáme za moderní materiál, jejich objev se váže už k první polovině 19. století. Významným produktem té doby se stal celuloid, jenž se začal používat jako náhrada za slonovinu, ze které se do té doby vyráběly především kulečnickové koule. Z technologického hlediska je podstatný rok 1872, kdy bratři Hyattové položili základní kámen technologie vstřikování plastů, když sestavili první zařízení na zpracování celuloidu. Stroj tvořil parou vytápěný válec s hydraulickým pístem ve vertikální poloze a tryskou, která byla umístěna kolmo na osu válce a dosedala na dvoudílnou ocelovou formu. Vtok byl veden přímo do dělicí roviny formy [1, 2].

Následný rozvoj technologie i výroby a vývoj nových polymerních materiálů byl pozvolný. Na počátku 20. století byl chemicky připraven první bakelit, ve třicátých letech polyvinylchlorid, polyethylen a polystyren. K významnému rozvoji došlo ve čtyřicátých a padesátých letech minulého století, kdy byly vyvinuty další polymerní materiály a kdy James Watson Hendry konstruoval první šnekový vstřikovací stroj. Od sedmdesátých let minulého století se začaly rozvíjet další speciální technologie, pomalu do výrobního procesu začala zasahovat automatizace a v roce 1979 už světová produkce plastů předčila produkci kovů [2].

V dnešní době představuje výroba plastů významné průmyslové odvětví, protože představují skupinu materiálů s nepřeberným množstvím vlastností a širokým využitím. Jejich kvalita je ovlivněna nadmolekulární strukturou. Vlastnosti plastů lze podstatně modifikovat dalšími přísadami, jakými jsou například skelná vlákna, minerály, barviva, nadouvadla, změkčovadla a další. Plasty lze také vzájemně kombinovat jak s dalšími polymerními materiály tak například s kovy. Dnes je možné je vyrobit z jakýchkoliv výchozích materiálů obsahujících uhlík a vodík. Zajímavým příkladem je biologicky odbouratelný plast, vyráběný z cukrové řepy nebo kukuřice. Plasty se postupem doby staly vysoce variabilním materiálem, který je schopen vyhovět i nejnáročnějším požadavkům. Protože ostatní materiály zdaleka takové možnosti využití nenabízejí, jsou např. kovy, dřevo či sklo, plasty stále častěji

nahrazovány. Technologie zpracování plastů se masově uplatňuje v obalovém, stavebním, automobilovém, elektrotechnickém průmyslu, své nezastupitelné místo má ve výrobě zdravotnického materiálu a pomůcek, v nábytkářství, výrobě hraček, domácích potřeb, dílenského nebo zahradního nářadí [3].

Aby konečné výrobky z plastů získaly svůj tvar, jsou zapotřebí k jejich zpracování formy. Formy jsou konstrukčně složité nástroje, které nejenomže odpovídají svým tvarem negativu budoucích výrobků, ale zároveň mají vliv i na jejich konečné vlastnosti, zejména optické a mechanické. Rozvoj technologií pro zpracování plastů jde ruku v ruce s rozvojem forem. Formy jsou stále modernější, produktivnější, složitější, kvalitnější a přesnější, aby vyhověly nejen náročným požadavkům průmyslové výroby, ale zároveň i novým moderním technologiím, jako je například vícekomponentní vstřikování.

Tato diplomová práce by měla dát představu o konstrukci dvoukomponentní vstřikovací formy.

2 Technologie vstřikování plastů

Významné místo mezi technologiemi zpracování plastů zaujímá proces vstřikování. Je to vysoce produktivní, ale zároveň i hospodárná metoda pro výrobu tvarově náročných dílů především pro automobilový průmysl, elektro-techniku, domácnost, či sport. Pro výsledné produkty je typická velmi dobrá tvarová a rozměrová přesnost, nízká hmotnost, konstrukční flexibilita a výborná kvalita povrchu. Vyrábět lze jednak polotovary, ale i hotové výrobky. Vstřikují se především termoplasty, je však možné touto technologií zpracovávat i reaktoplasty a elastomery [4, 5].

Velmi zjednodušeně lze říct, že vstřikování probíhá tak, že plast se roztaví a je vstříknut pod tlakem do kovové formy. Tavenina musí zcela zaplnit dutinu formy, pak je nutné formu ochladit a výrobek vyjmout.

2.1 Vstřikovací cyklus

Během každého vstřikovacího cyklu probíhají jednotlivé operace v následujícím pořadí:

1. uzavření formy
2. přisunutí vstřikovací jednotky
3. plnění dutiny formy
4. dotlak
5. plastikace
6. odsunutí plastikační jednotky
7. otevření formy, vyhození výstřiku

Vstřikovací cyklus začíná uzavřením prázdné formy, které zajišťuje uzavírací jednotka vstřikovacího stroje. Důležitým parametrem je uzavírací síla, která zajistí dokonalé uzamknutí formy bez nebezpečí jejího otevření během vstřikování taveniny do dutiny formy [6].

Následuje přisunutí celé tavící komory tak, aby tryska dokonale dosedla do vtokové vložky vstřikovací formy.

Po dosednutí začíná vlastní plnění dutiny formy. Šnek vykonává axiální pohyb a plní funkci pístu. Plnění se vyznačuje prudkým nárůstem tlaku ta-

veniny proudící do dutiny formy. Jakmile je tvarová dutina formy zaplněna taveninou, nastává fáze chlazení výstřiku.

Přestože je již dutina formy plná, šnek stále vykonává posuvný pohyb a zajišťuje tak fázi dotlaku. Dotlak slouží k eliminaci staženin a zmenšení objemu výstřiku, k nimž může během fáze chlazení dojít.

Jakmile je fáze dotlaku u konce, nastává plastikace nové dávky taveniny. Šnek se začne znovu otáčet a posouvat zpět, aby se nově zplastikovaná dávka plastu mohla dostat před jeho čelo.

Když se nová dávka taveniny dostane před čelo šneku, zastaví se jeho rotační pohyb a plastikační jednotka se odsune od formy. Je to z toho důvodu, že tavenina je zahřívána a naopak forma zachlazená a mohlo by snadno dojít k nežádoucímu ochlazení trysky vstřikovací komory [5].

V poslední kroku vstřikovacího cyklu je již výstřik zchlazený a může dojít k jeho vyhození. V tomto okamžiku je důležitá hodnota zbytkového tlaku před otevřením formy. Je-li nedostatečný, dochází k deformaci výstřiku a vzniku propadlin. Naopak, je-li vysoký, vzniká ve výstřiku vysoké vnitřní pnutí. Tento zbytkový tlak lze snížit zkrácením doby dotlaku nebo programovým průběhem tlaku.[6] Forma se musí otevřít tak, aby z ní výstřik mohl bezproblémově vypadnout. K vyhození výstřiku se používají nejčastěji vyhazovací kolíky, stírací kroužky nebo např. tlak vzduchu. Současně s výstřikem je nutné z formy vyjmout i vtokovou soustavu. Jednotlivé operace z hlediska času jsou rozčleněny na obr. 2.1.



OBR. 2.1 ČASOVÁ NÁROČNOST JEDNOTLIVÝCH OPERACÍ VSTŘIKOVACÍHO CYKLU[5]

Doba plnění je závislá na rychlosti vstřikování, velikosti výstřiku, na technologických podmínkách vstřikování, na vtokové soustavě i druhu plastu. V závislosti na těchto faktorech trvá plnění od zlomků sekundy až do několika desítek sekund u rozměrných dílů s velkou tloušťkou stěny. Doba dotlaku závisí na minimálním průřezu vtokového kanálu, trvá několik sekund až desítky

sekund. Doba chlazení představuje rozhodující část cyklu, trvá od několika sekund do několika minut. Je závislá na tloušťce stěny výstřiku, na druhu plastu, teplotě taveniny, teplotě formy a optimální teplotě výstřiku v okamžiku vyjímání. Protože doba chlazení je nejdelší, je snaha ji co nejvíce zkrátit účinnější temperací. Doba otevření a zavření formy představuje pouze nutné minimum, trvá pouze několik málo sekund. Dráha pohybu formy je dána rozměry výstřiku a požadavkem na jeho bezproblémové vyjmutí. Rychlost otvírání i zavírání se volí co nejvyšší, ale je nutné brát ohled na to, aby se forma nepoškodila a došlo k jejímu hladkému dosednutí. U některých strojů není tato rychlost konstantní, ale mění se. Nejprve se forma pohybuje velkou rychlostí, ale před dosednutím se její rychlost zpomalí. Podobně při otevírání je nejprve rychlost vysoká, v době, kdy forma dosedne na vyhazovač, je pak automaticky zpomalena [6].

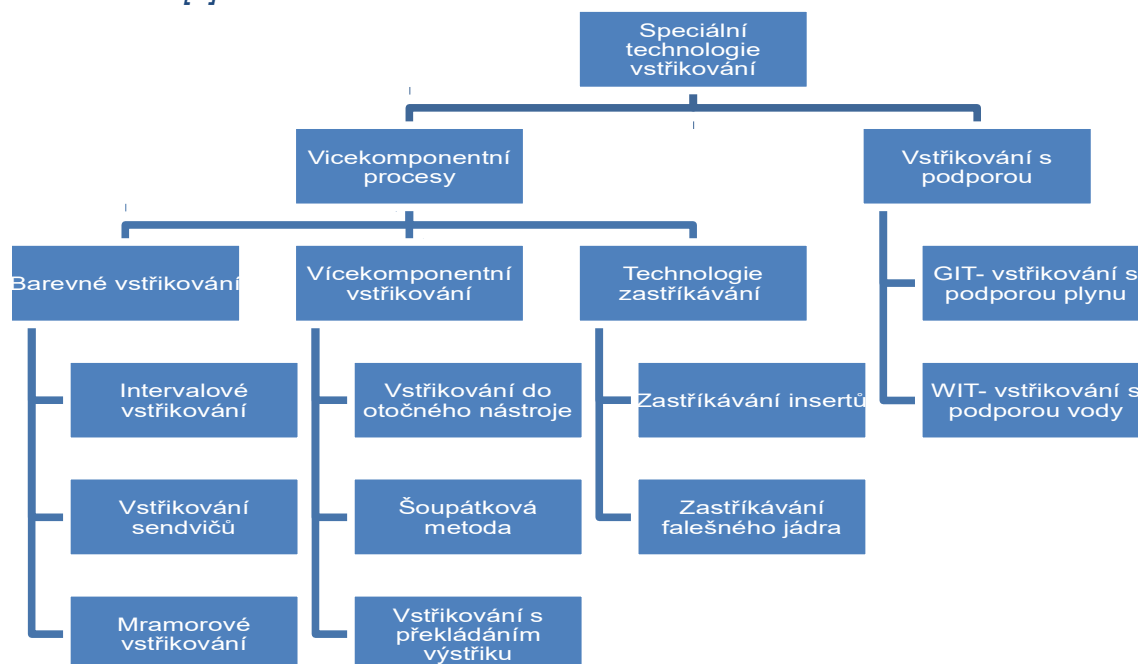
2.2 Speciální vstřikovací technologie

I když proces vstřikování je možné považovat za relativně mladou zpracovatelskou technologii, odvodilo se od něj již mnoho speciálních variant, které se hojně využívají. Celkový přehled těchto technologií je uveden v následující tab. 2.1 [5].

Vícekomponentní procesy se liší mezi sebou možnými kombinacemi spojení jednotlivých komponent. Jejich společným znakem je, že výsledný celek pomocí nich zhotovený, se skládá ze dvou barev nebo komponentů a je nerozebíratelný. Podstatou vícekomponentních procesů je, na rozdíl od klasické technologie vstřikování, výroba již hotové sestavy dílů, které není potřeba dále upravovat nebo sestavovat. Takto vyrobené sestavy mohou být buď nepohyblivé nebo pohyblivé v závislosti na přilnavosti jednotlivých komponent. Výroba je plně automatizovaná a odpadá potřeba následných dokončovacích operací a montáže. Při dostatečně velké produkci se vícekomponentní procesy stávají ekonomicky výhodnějšími než klasické vstřikování [5].

Těžištěm této práce je návrh konstrukce formy pro vícekomponentní vstřikování, proto v následujících odstavcích bude probírána pouze teorie této speciální metody vstřikování.

TAB. 2.1 ROZDĚLENÍ SPECIÁLNÍCH VÍCEKOMPONENTNÍCH VSTŘIKOVACÍCH TECHNOLOGIÍ [5]



2.2.1 Vícekomponentní vstřikování

Technologie vícekomponentního vstřikování se rozvíjí již přibližně třicet let. Slouží k výrobě nerozebíratelných dílů složených z více součástí. Z počátku šlo především o kombinování dvou a více barev jednoho druhu polymeru. Později se začala tato technologie používat ke kombinování dvou a více druhů polymerů, mísitelných i nemísitelných, u kterých je adheze komponent zajištěna geometrií dílů. K rozmachu této metody přispěl především rozvoj termoplastických elastomerních materiálů, které umožňují zkombinovat pevný a flexibilní polymer. Typickým příkladem kombinace dvou barev polymeru jednoho druhu jsou plastové díly zadních světel osobních automobilů. Zubní kartáčky jsou zase klasickým příkladem kombinace tvrdého polymeru a pružného termoplastického elastomeru. Touto metodou jsou zhotoveny rukojeti elektrického i ručního náradí, těsnění na plastových dílech, motocyklové a cyklistické rukojeti řídítek a mnohé další výrobky, se kterými se lze setkat v běžném životě každý den (obr. 2.2) [5].

Materiály se kombinují třeba z důvodu estetického, což platí především pro kombinaci dvou barev. Kombinování je praktické ale i tam, kde je zapo-

2.2.1



Metodu vícekomponentního vstřikování není možné realizovat na běžném vstřikovacím stroji a ani v běžné vstřikovací formě. Je k ní zapotřebí speciální stroj i nástroj. Forma pro tento druh vstřikování musí zajistit polohování její pohyblivé části vůči vstřikovacím jednotkám. Stroje musí mít pro každou složku samostatnou vstřikovací jednotku. Podle počtu těchto jednotek rozlišujeme [4]:

- Během cyklu vstřikují jednotlivé vstřikovací jednotky taveniny současně, ale nikoliv do společné tvarové dutiny formy. Každá jednotka totiž plní jinou dutinu nebo skupinu dutin. První jednotka vstřikuje první komponent do prázdného prostoru mezi tvárnicí a tvárníkem. Další jednotky už vstřikují ostatní komponenty do tvarových dutin, ve kterých se nachází výstřik a zvětšená tvarová dutina, a vyplňují prostor mezi nimi dalším komponentem.

Po ukončení vstřikování se forma otvírá a dochází k přemístění výstřiků buď do další pozice nebo ven z formy, jestliže je výrobek hotový [5].

2.2.1.2 Kombinace materiálů

Existuje mnoho možností, jak jednotlivé polymerní materiály zkombinovat, ne každé jejich spojení je však dostatečně pevné. Výslednou pevnost spoje ovlivňuje [7]:

- materiálová kombinace
- průběh vstřikovacího cyklu a jeho parametry
- geometrie jednotlivých dílů

Vstřikování je relativně rychlý výrobní proces a tomu odpovídá i čas, který je věnován vytvoření spoje jednotlivých komponent. Je totiž extrémně krátký. Pro vytvoření dostatečně pevného spoje je potřeba volný pohyb molekul v kontaktních plochách. Mezi důležité parametry ovlivňující tento děj patří teplota kontaktních povrchů, teplota krystalizace a teplota zesklenní jednotlivých materiálů. Mezi další faktory, které významně ovlivňují pevnost výsledného spoje, patří přísady a plniva plastů. Přílnavost jednotlivých komponent je v některých případech možné zvýšit slučovači. Přehled dosažených spojení u jednotlivých materiálů ukazuje následující tab. 2.2.

Ani v případě, že kombinace materiálů nezajišťuje potřebnou přílnavost, neznamená to ještě, že by tyto materiály nebylo možné kombinovat. Je potřeba, aby jejich spoj držel mechanicky. To znamená, že geometrie dílů musí být uzpůsobena tak, aby nebylo jednotlivé komponenty možné oddělit. Je možné také využít jejich nepřilnavosti a vyrobit tak díly s pohyblivým spojem [7].

*TAB. 2.2 MOŽNOSTI KOMBINOVÁNÍ MATERIÁLŮ PŘI
VÍCEKOMPONENTNÍCH PROCESECH [7]*

Kombinace materiálů		Termoplasty																TPE			Elastomery							
		ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 6.6	PBT	PC	PE	PETP	PMMA	POM	PP	PPO mod.	PS	PSU	PVC-W	SAN	TPE-A	TPE-E	TPE-S	TPE-U	TPE-V	EPDM	NR/SBR	SBR	LSR
Termoplasty	ABS																											
	ABS/PC																											
	ASA																											
	CA																											
	EVA																											
	PA 6																											
	PA 6 mod.+25 % GF																											
	PA 6.6																											
	PA 6.6 mod.+25 % GF																											
	PA 6.12																											
	PA 12 mod.+25 % GF																											
	PBT																											
	PC																											
	PC/PBT																											
	PE																											
	PETP																											
	PMMA																											
	POM																											
	PP																											
	PPO mod.																											
	PPE mod.																											
	PS																											
	PSU																											
	PVC-Hart																											
	SAN																											
TPE	TPE-E																											
	TPE-U																											
	BMC																											
	EPDM																											
Elastomery	NR																											
	SBR																											
	LSR																											

Pevnost spoje

Dobrá přilnavost

Slabá přilnavost

Žádná přilnavost

Netestováno

Modifikace spojení

Zesíťování sírou

Zesíťování peroxidem

Pevnost spoje

■ Dobrá přilnavost
■ Slabá přilnavost

■ Žádná přilnavost
□ Netestováno

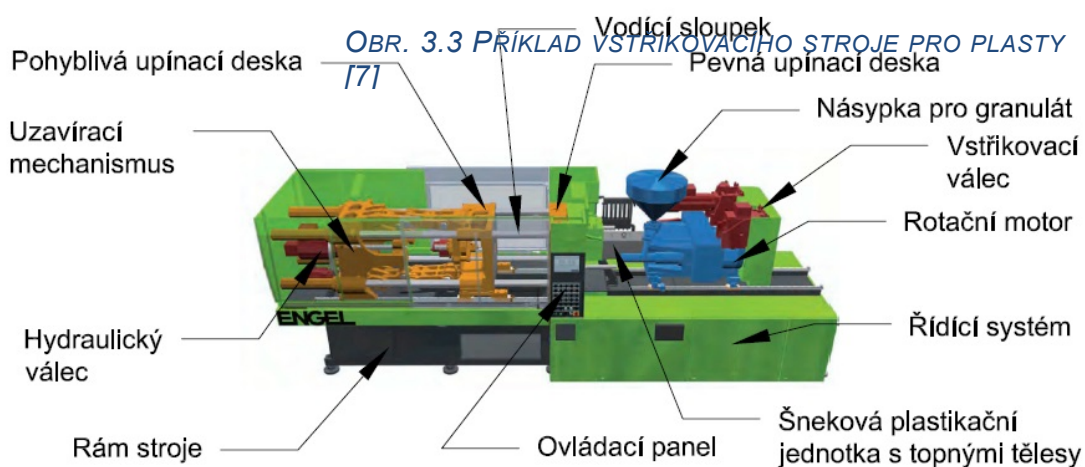
■ Modifikace spojení
■ Zesíťování sírou

■ Zesíťování peroxidem

3 Stroje pro vstřikování plastů

Stroje pro vstřikování plastů tvoří charakteristickou skupinu výrobních strojů, které dovolují umožnit velkosériovou produkci plastových výrobků. Přestože výrobců těchto vstřikovacích strojů je mnoho (např.: ARBURG GmbH + Co KG, ENGEL Austria GmbH, WITTMANN Kunststoffgeräte Ges.m.b.H, STORK Plastic Machinery B.V, Ferromatic Milacron GmbH), všichni se drží základní koncepce vstřikovacího stroje, která bude popsána v následujícím odstavci. Velké množství výrobců strojů pro vstřikování také vypovídá o celosvětovém rozmachu této technologie. I přestože je v tomto oboru značná konkurence, technologie je natolik rozšířená, že většina výrobců strojů je schopna dosáhnout prosperity.

3.1 Základní princip vstřikovacího stroje



Základní schéma běžného vstřikovacího stroje je na obr 3.1. Hlavní úlohou vstřikovacího stroje je zplastikovat, nadávkovat a vstříknout potřebné množství plastu do formy. Druhotnou úlohu plní uzavírací jednotka, která je taktéž součástí stroje a zajišťuje uzavření vstřikovací formy. Plast, nejčastěji v podobě granulí, je nasypán do násypky a za pomoci šneku je postupně dopravován do vyhřívané plastikační komory stroje. K roztavení plastu dochází díky účinkům tření a tepla. Šnek se v tavící komoře otáčí a zároveň se i posouvá. Posunem se získá potřebný prostor pro zplastikovaný materiál, jeho

vstříknutí do formy i dotlak. Posuv šneku je hydraulický a je možné ho podle potřeby regulovat. Tvar, počet závitů a délka šneku jsou závislé na vstřikovaném materiálu. Uzavírací jednotka je rovněž poháněna hydraulicky a zajišťuje, aby se forma správně uzavřela. Provádí i všechny další úkony potřebné k vyhození výstřiku z formy [4, 5].

Nedílnou součástí vstřikovacího stroje je regulační a řídicí jednotka. Umožňuje dodržet všechny technologické parametry, tedy teplotu taveniny, vstřikovací rychlost a tlak, teplotu formy a časový průběh jednotlivých úkonů vstřikovacího cyklu [6].

3.2 Stroje pro vícekomponentní vstřikování

Stroje pro vícekomponentní vstřikování mají více než jednu vstřikovací jednotku, protože jednotlivé komponenty je potřeba zplastikovat odděleně. I když pak vstřikují jednotky současně, každá plní jinou dutinu. Základní druhy uspořádání vstřikovacích jednotek jsou:

- uspořádání vertikální
- uspořádání do L
- uspořádání paralelní
- uspořádání pod úhlem, "piggyback"

Vertikální vstřikovací jednotka je uchycena nad pevnou upínací deskou stroje na posuvném suportu, který umožní pro jednotku nalézt potřebnou po-



OBR. 3.4 STROJ PRO DVOUKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVÁNÍ S VERTIKÁLNÍ VSTŘIKOVACÍ KOMOROU [7]

zici nebo úplně odsunout kvůli výměně formy. Vertikální uspořádání je však vhodné především do vysokých výrobních hal. Z hlediska údržby a plnění ná-

sypky plastem je tento způsob náročnější. Příklad takového vstřikovacího stroje je na obr. 3.2 [7, 8].

Uspořádání do L je z hlediska obsluhy vstřikovací jednotky výhodnější. Jednotku je stejně jako u vertikálního způsobu možné napozicovat podle potřeby. U vertikálního i u „L“ uspořádání vstřikovací tryska ústí do dělicí roviny formy. Nevýhodou L koncepce je větší prostorová náročnost. Příklad na obr. 3.3 [7].

Jednotky vertikální a „L“ je možné vzájemně kombinovat a získat tak například stroj pro tříkomponentní vstřikování. Stejně tak je možné stroj využít i pro jiné technologické aplikace, například pouze pro klasické vstřikování nebo pro sendvičové či intervalové vstřikování [8].



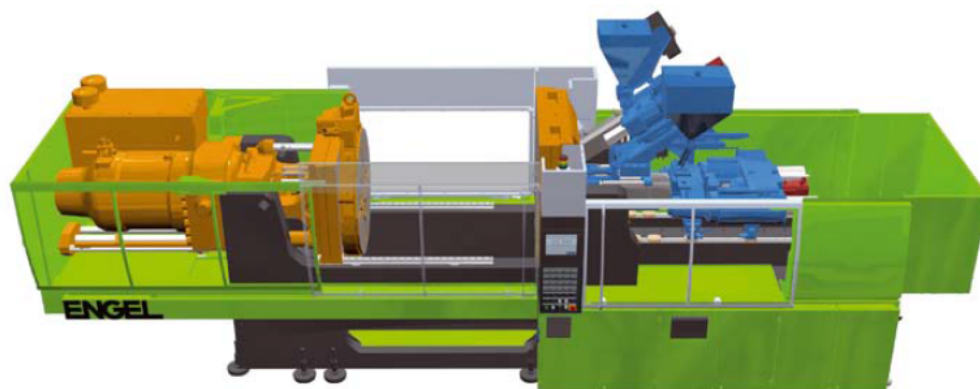
OBR. 3.5 STROJ PRO DVOUKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVÁNÍ S L USPOŘÁDÁNÍM [7]

Třetí možností je uspořádat vstřikovací jednotky paralelně vedle sebe. Je možné vedle sebe připojit až čtyři jednotky. Ty jsou umístěny za pevnou upínací deskou vstřikovacího stroje. Jejich pozice je pevně dána a není ji možné měnit [8].

Uspořádání pod úhlem je podobné jako paralelní. Jednotky jsou umístěny za upínací deskou stroje, ale ne vedle sebe, nýbrž nad sebou vrchní jednotka je navíc skloněna o úhel 45°. Jednotky mají vůči sobě pevnou pozici a posouvají se současně. Příklad je uveden v obr. 3.4 [7].

Zavírací mechanismus, tvar upínacích desek a jejich vedení jsou shodné se stroji pro klasické vstřikování. Významnou odlišností u některých vícekomponentních procesů může být indexová deska, která se upevňuje na pohyblivou upínací desku. Ta zajišťuje otáčení formy. Není problém vyrobit

otočnou desku o průměru až 2000mm [7]. Pohon otáčení desky může být hydraulický nebo elektrický. Samotný převod může využívat ozubených kol nebo ozubeného řemenu. Zdroj [7] uvádí, že například pro změnu pozice o 180° u desky o průměru 600mm je zapotřebí 1s.



OBR. 3.6 STROJ PRO DVOUKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVÁNÍ SE SKLONĚNOU VSTŘIKOVACÍ KOMOROU [7]

4 Vstřikovací formy

Rychlý vývoj polymerních materiálů a pokroky v jejich zpracování mají rozhodující vliv na poptávku po nástrojích pro vstřikování plastů. Konstrukce nástrojů pro jejich zpracování je jedním z nejnáročnějších oborů ve strojírenství [12].

Stroj společně se vstřikovací formou představuje velkou finanční investici. Vyrobení kvalitní formy je časově náročná záležitost. Proto je snaha co nejvíce součástí pro vstřikovací formy normalizovat. Tyto normalizované díly dnes nabízí řada výrobců jako například: HASCO, DME, STACK, STEINEL a další. Díky nim se konstruktéři zabývají výrobou tvarových částí formy, a ne již celého systému rámu a všech ostatních součástí formy. Tím se podstatně zkrátila doba potřebná pro výrobu vstřikovací formy a například se uvádí, že se v důsledku časové úspory produkce forem o 20% zvýšila [12].

Příznivý vliv na konstruování forem z hlediska náročnosti i z hlediska časového mají různé CAD konstrukční programy jako CATIA, CREO, INVENTOR, CADMOULD nebo MOLDFLOW. Pomocí těchto programů je mimo jiné možné simulovat průběh výrobního cyklu a odstranit řadu chyb v konstrukci formy ještě před tím, než se začne vyrábět.

4.1 Druhy forem

Vstřikovací forma je nástroj, jenž se v průběhu vstřikovacího cyklu plní taveninou plastu. Následně zajišťuje chlazení a poté otvírání v dělicí rovině. Jedna její část se upíná na pohyblivou upínací desku a druhá na pevnou upínací desku vstřikovacího stroje. Základním požadavkem je, že forma má odolat vysokým tlakům a vyrábět rozměrově přesné díly. Výstřiky z ní musí vypadávat snadno a forma sama má být schopna pracovat automaticky. Samotnou koncepci formy ovlivňuje účel jejího použití a různé požadavky, ke kterým má sloužit. Při konstrukci forem se většinou vychází z osvědčených koncepcí, ale je patrna trvalá snaha formy zdokonalit a hledat nová, lepší řešení [12, 14, 15].

Formy lze dělit dle různých hledisek:

1. podle použitého materiálu:

- formy pro zpracování termoplastů
- formy pro zpracování reaktoplastů
- formy pro zpracování elastomerů

2. podle počtu tvarových dutin

- jednonásobné
- vícenásobné

3. podle způsobu zaformování

- dvoudeskové
- třídeskové
- etážové
- dělené formy (tvárník nebo tvárnice je tvořena více částmi)
- sdružené (v jedné formě se vyrábí více druhů výrobků)
- čelistové
- vytáčecí nástroje
- nástroje pro vícekomponentní vstřikování
- nástroje pro vstřikování pomocí vody nebo plynu

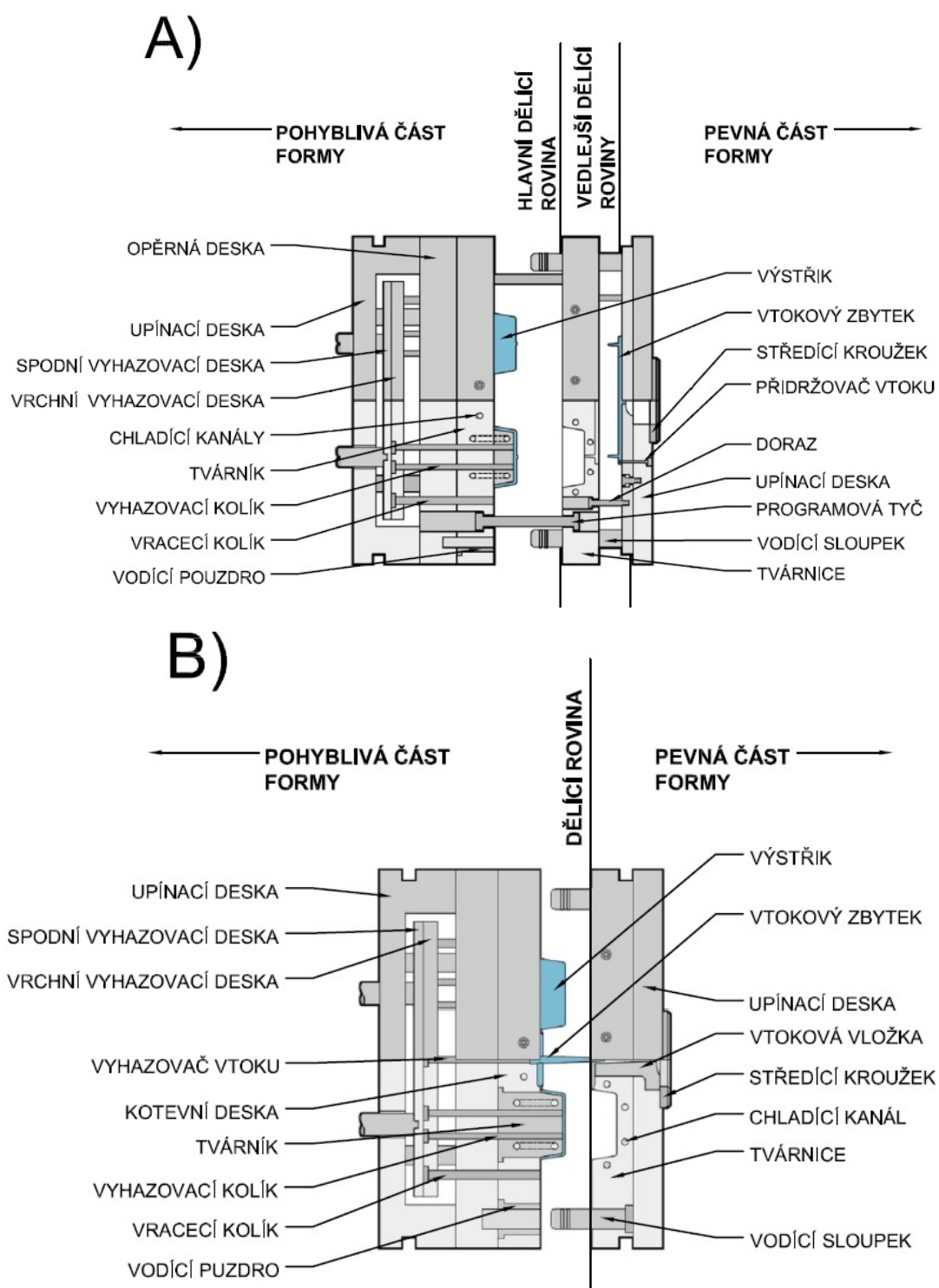
4. podle druhu vtokové soustavy

- formy se studenou vtokovou soustavou
- formy s horkou vtokovou soustavou
- formy s horkou izolovanou vtokovou soustavou

4.1.1 Základní části vstřikovacích forem

Téměř každá forma je něčím specifická, některé rysy a součásti jsou ale u všech podobné. Koncepce třídeskové a dvoudeskové formy s popisem hlavních součástí je ukázána na obr. 4.1.

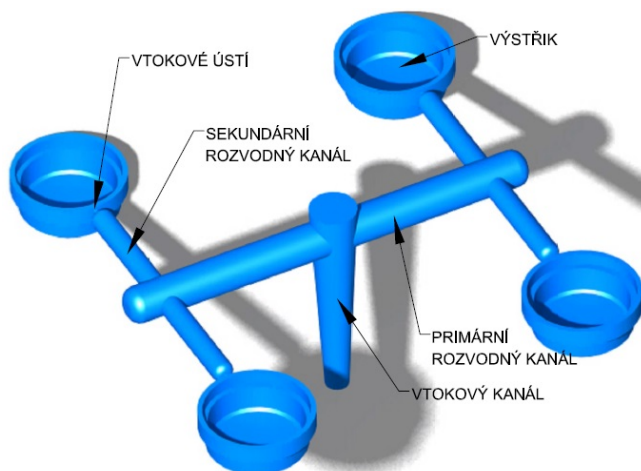
Základní části formy jsou tvárník a tvárnice. Jedná se o díly, které budoucímu výrobku dávají požadovaný tvar. Vyrábějí se přímo v kotevní desce (jednonásobné formy), nebo se zhotovují vložky, které se upevňují do rámu vstřikovací formy. Rám představuje nosnou konstrukci, do které se zakomponují součásti vtokové soustavy, vyhazovací systém, středící kroužky, vodící sloupky, případně posuvné čelisti, součásti temperačního systému.



OBR. 4.7 PŘÍKLAD A) TŘÍDESKOVÉ FORMY B) DVOUDESKOVÉ FORMY [16]

4.1.2 Vtoková soustava

Vtoková soustava je souhrnem vtokových kanálů a vtoků, který slouží k rozvodu taveniny do vstřikovací formy. Měla by být dimenzována tak, aby tavenina tvarovou dutinu formy zaplnila v co nejkratším čase a s co nejmenším odporem. Skládá se z částí uvedených na obr. 4.2 [12].



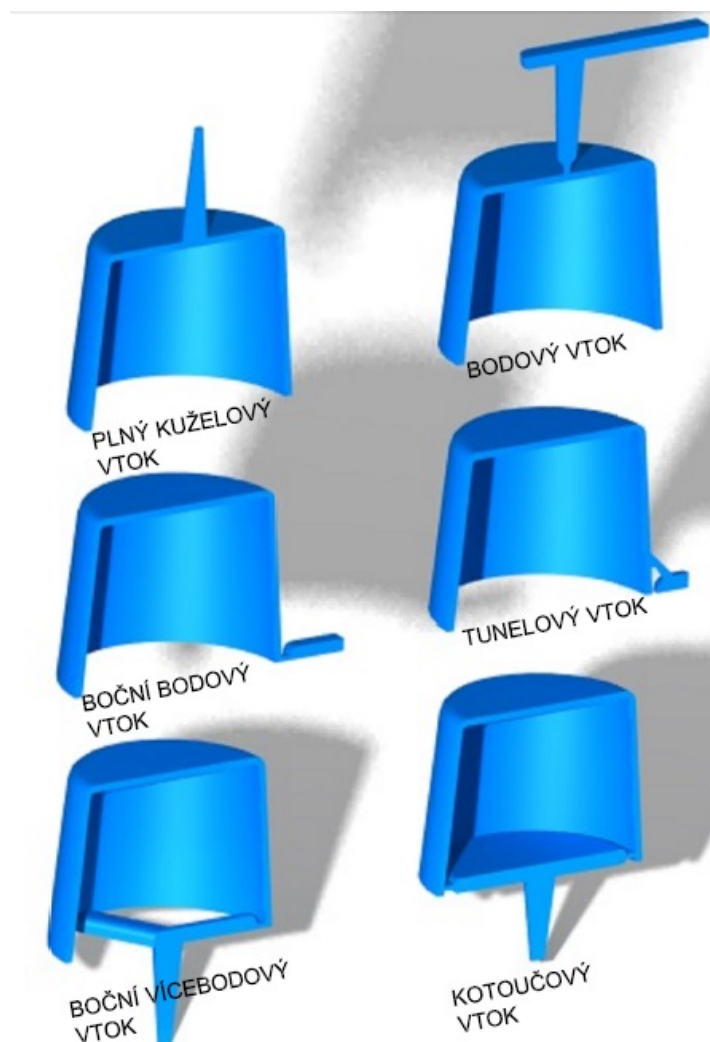
OBR. 4.8 VTOKOVÁ SOUSTAVA [12]

Při konstruování formy pro vstřikování má konstrukér na výběr, zda použije studenou vtokovou soustavu nebo vyhřívanou (horkou) vtokovou soustavu.

Studená vtoková soustava se používá pro jednodušší výstřiky a malosériovou výrobu. Po ztuhnutí taveniny a otevření formy zůstane kromě hotového výstřiku i vtokový zbytek, který se oddělí automaticky během otvírání formy nebo dodatečně manuálně. Vtokový zbytek představuje nutný, nevyužitelný odpad [12, 13].

Tavenina, která se dostane do styku s vtokovým kanálem, velmi rychle tuhne a tvoří ztuhlou povrchovou vrstvu. Tato vrstva slouží jako izolace mezi horkou taveninou a chladnější stěnou formy, která umožní tavenině zůstat v tekutém stavu a protéci nejenom vtokovou soustavou, ale především zaplnit dutinu vstřikovací formy. Délka vtokové soustavy by měla být co nejkratší, aby se tavenina do dutiny formy dostala co nejrychleji. Průřez vtokového kanálu by měl být dostatečně velký, aby v něm tavenina ztuhla až na konec a aby bylo možné využít dotlaku. Dále musí být zaručeno rovnoměrné plnění všech dutin u vícenásobných forem [12].

Vtokové ústí je zakončení rozváděcího kanálu do dutiny vstřikovací formy. Toto ústí představuje zúžení průřezu rozváděcího kanálu, které má za následek zvýšení rychlosti proudění taveniny. Vzhledem k vyšší rychlosti zde nedochází k jejímu zatuhnutí. Základní druhy vtoků jsou na obr. 4.3.



OBR. 4.9 ZÁKLADNÍ DRUHY VTOKŮ [12]

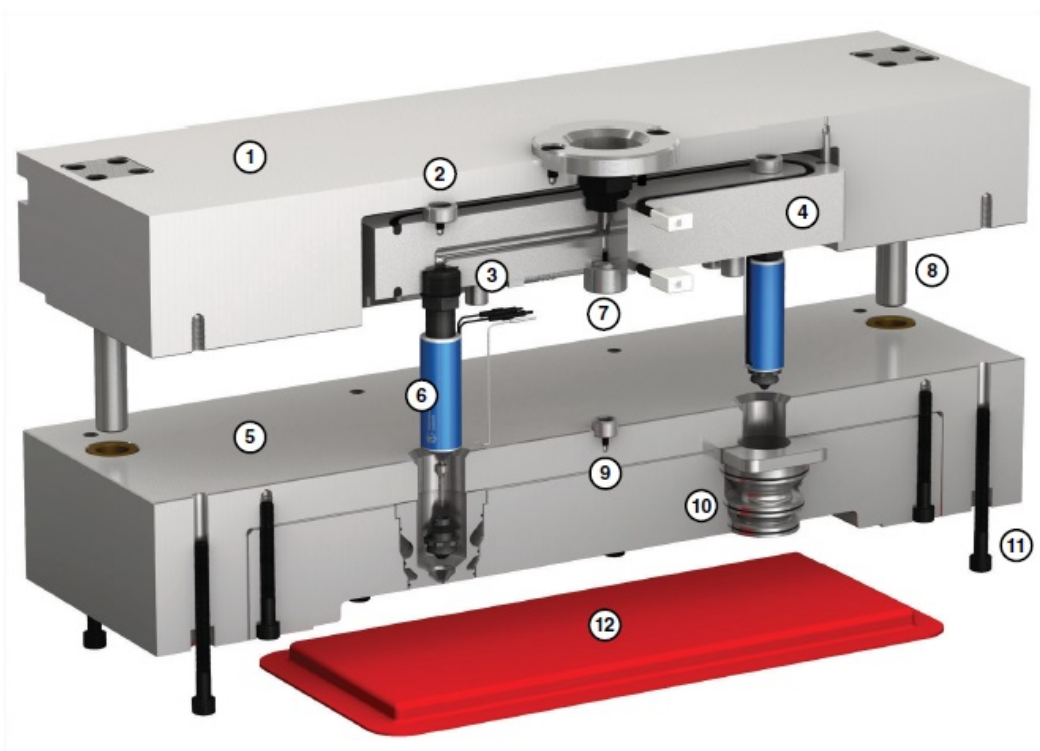
Rozhodujícím parametrem pro návrh ústí je objem výstřiku. Je vhodné volit jeho rozměry co nejmenší, protože jen tak je možné ho po vyrobení formy dále upravovat. Optimální velikost jeho průřezu je taková, aby zabraňovala předčasnému ztuhnutí taveniny a zároveň aby umožnila snadné oddělení výstřiku.

O kvalitě budoucího dílu rozhoduje také umístění vtoku. Lze jím ovlivnit vzhled, propadliny, odvod vzduchu z dutiny formy, smrštění nebo polohu studených spojů. Obecně platí, že je vhodné umísťovat vtok do míst s nejtlustší stěnou tak, aby tavenina zaplňovala vstřikovací formu od míst s největším průřezem směrem k nejmenšímu průřezu. Dutina formy by měla být taveni-

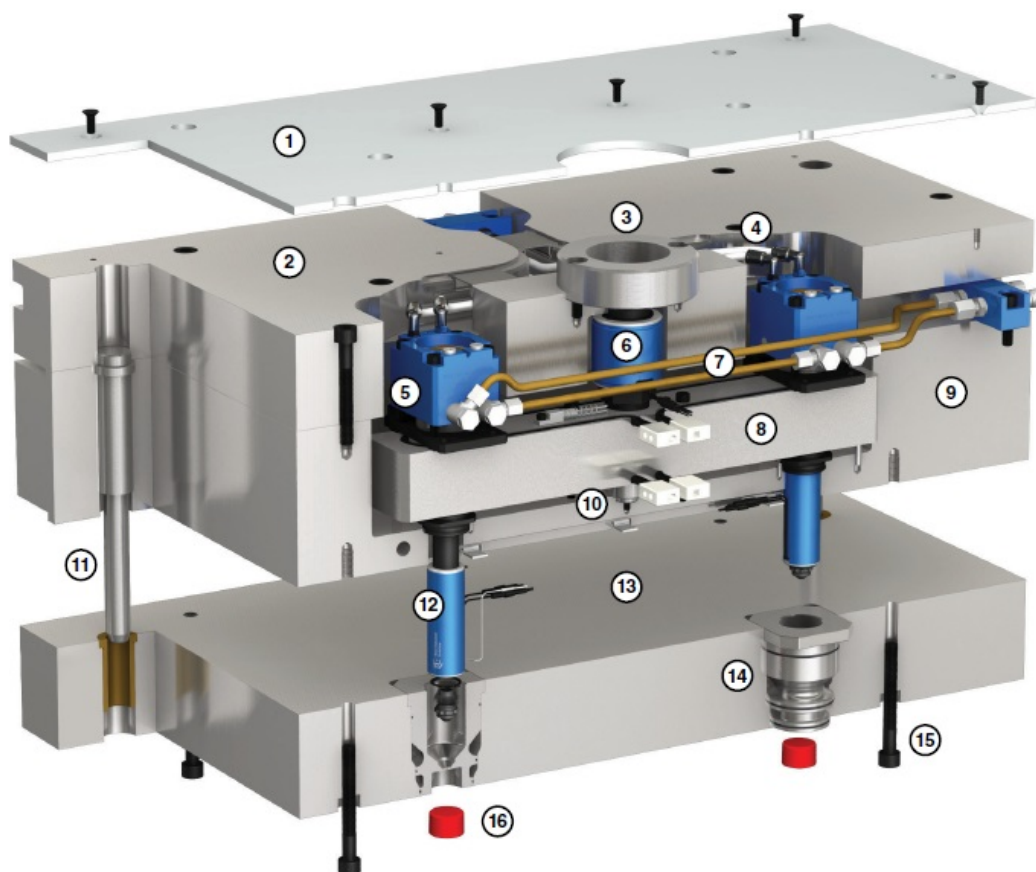
nou zaplňována rovnoměrně. Správným umístěním vtoku by se také mělo zamezit nežádoucímu turbulentnímu proudění taveniny při plnění [12, 15].

Snaha zbavit se vtokového zbytku ze studené vtokové soustavy vedla k rozvoji vyhřívaných vtokových soustav (obr. 4.4, 4.5). Vstřikovací forma s takovouto vtokovou soustavou znamená velkou úsporu plastu a práce. Nyní se uplatňují vyhřívané trysky zajišťující optimální tok taveniny, v nichž dochází k nepatrnému poklesu tlaku a teploty. Tato soustava v podstatě zajišťuje, aby tavenina, která zaplní dutinu formy v oblasti vtoku až po ústí, neztuhla. Vyústění do výstříku je tedy bodové s malým průřezem (obr. 4.6). Trysky ovšem nemusí vyúšťovat přímo do výstříku, je možné je napojit na rozváděcí kanál s jiným druhem vtokového ústí, například banánové ústí vtoku [12].

Systém horké vtokové soustavy se instaluje na pevnou část vstřikovací formy. Během vstřikování dochází ke značnému tepelnému a mechanickému namáhání formy, proto rostou nároky na její tuhost.



OBR. 4.10 VYHŘÍVANÁ VTOKOVÁ SOUSTAVA V PEVNÉ ČÁSTI FORMY: 1-UPÍNACÍ DESKA, 2-OPĚRKA, 3-ROZPĚRNÝ KROUŽEK, 4-ROZVÁDĚCÍ BLOK, 5-KOTEVNÍ DESKA, 6-VYHŘÍVANÁ TRYSKA, 7-STŘEDÍCÍ VÁLEČEK, 8-VODÍCÍ SLOUPEK, 9-STŘEDÍCÍ KOLÍK, 10-TVÁRNICE, 11-ŠROUB, 12- VÝSTŘIK [38]



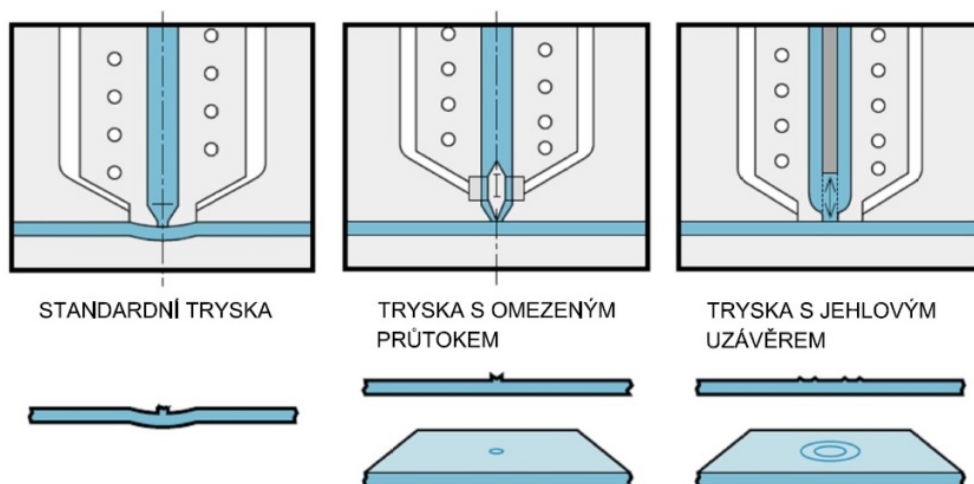
OBR. 4.11- PEVNÁ ČÁST FORMY S VYHŘÍVANOU VTOKOVOU SOUSTAVOU A VÝHODY VYHŘÍVANÝCH VTOKOVÝCH SOUSTAV

1-PRÍVOD VZDUCHU, 2-ROZPĚRNÁ DESKA, 3-STŘEDÍCÍ KROUŽEK, 4-PRÍVOD VZDUCHU, 5-VENTIL PRO OVLÁDÁNÍ JEHLY, 6-VYHŘÍVANÁ VTOKOVÁ VLOŽKA, 7-CHLAZENÍ VENTILU, 8-VYHŘÍVANÝ ROZVÁDĚCÍ BLOK, 9-ROZPĚRNÁ DESKA, 10-STŘEDÍCÍ KOLÍK, 11-VODÍCÍ SLOUPEK, 12-VYHŘÍVANÁ TRYSKY S JEHLOVÝM UZÁVĚREM, 13-KOTEVNÍ DESKA, 14 TVÁRNICE, 15 ŠROUB, 16 VÝSTŘIK [38]

- umožňují automatizaci výroby
- zkracují výrobní cyklus
- snižují spotřebu plastu
- snižují náklady na dokončovací operace
- snadná montáž, demontáž
- možnost vlastní regulace teploty

Nevýhody vyhříváných vtokových soustav

- složitější konstrukční řešení
- nutnost připojit další regulátory a snímače teploty
- vyšší ekonomická a energetická náročnost



**OBR. 4.6 ZBYTKY NA VÝSTŘIKU PO BODOVÉM ÚSTÍ VTOKU
PŘI POUŽITÍ RŮZNÝCH DRUHŮ TRYSK [16]**

Konstrukce vyhřívaných trysek dovoluje propojit vstřikovací stroj a dutinu formy při dokonalé tepelné stabilizaci. Trysky mají buď vlastní vyhřívací člunek nebo nepřímý ohřev. Trysky s vlastním ohřevem jsou dvojího druhu, buď s vnějším vyhříváním, kdy tavenina proudí vnitřním otvorem a okolo tohoto kanálu je topení, nebo jde o trysky s vnitřním vyhříváním, které mají vnitřní vyhřívanou vložku, kolem níž tavenina obtéká. Obě možnosti provedení jsou konstruované tak, že jejich špička může být otevřená anebo uzavíratelná pomocí jehly (obr. 4.7).



**OBR. 4.7 SESTAVA TRYSKY
S JEHLOVÝM UZÁVĚREM [38]**

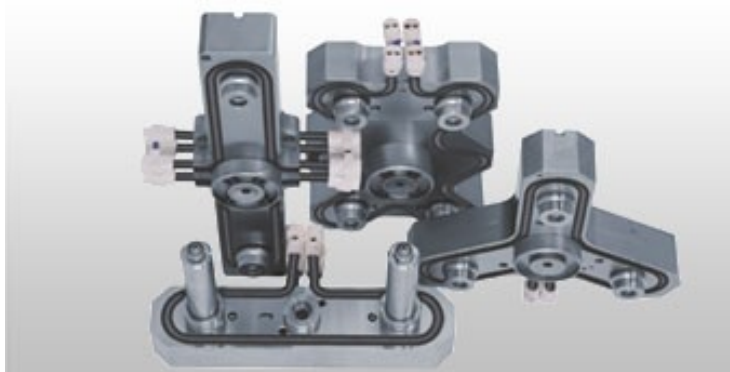
Nepřímo vyhřívané trysky získávají teplo z přídavného vyhřívacího tělesa, které se

umísťuje do ocelového pouzdra a špička trysky zasahuje do ústí vtoku. Možný je též přenos tepla z vyhřívaného rozvodu. Tento druhý způsob je častěji užíván u vícenásobných forem. Zde slouží k rozvodu taveniny do dutin vyhřívané rozváděcí bloky (obr. 4.8). Jejich tvar se přizpůsobuje potřebné poloze rozváděcích kanálů směrem k vyústění trysek. Tento blok se umísťuje mezi tvarovou a upínací desku vstřikovací formy. Teplo, které se přivádí do bloku vyhříványi elementy, vstupuje do taveniny stěnami rozváděcího kanálu. Pro ohřev bloku se používá vnitřní anebo vnější odporové topení. U

vnějšího ohřevu je blok vyhříván na vyšší teplotu než je teplota taveniny. Aby nedošlo k zatuhnutí kanálu nebo degradaci taveniny, je nutné zajistit, aby kolísání teploty taveniny po celé délce kanálu nebylo větší než $\pm 10^{\circ}\text{C}$. Od ostatních částí formy se blok

izoluje pomocí
vzduchové mezery.

Kanálky pro tok taveniny nesmí mít žádná mrtvá místa, kde by hrozilo hromadění taveniny. Blok je třeba vystředit a zajistit proti



pootočení. Celá soustava musí být snadno demontovatelná kvůli případnému čištění [12].

4.1.3 Vyhazovací prvky

Výstřiky po zchladnutí a otevření vstřikovací formy mají tendenci ulpívat na tvárníku nebo tvárnici formy. Pro zajištění jejich správného vyjmutí z tvárových částí formy je nutné formu vybavit vyhazovacím systémem, který umožňuje její automatický výrobní cyklus. Ulpívání je způsobeno smrštěním výstřiku během chlazení v dutině formy. Pro snadné vyhození výstřiku musí být jeho stěny ve směru vyhazování zkoseny. Úkosy by neměly být menší než 30° . Velký vliv na kvalitu vyhazování má i drsnost povrchu dutiny formy a platí, že čím menší je drsnost ploch, tím snadněji je možné výstřik vyhodit. Vyhazování výstřiku by mělo probíhat rovnoměrně, aby se zabránilo jeho vzpříčení, deformaci nebo poškození. Současně s výstřikem je nutné z formy odstranit případně i vtokový zbytek. Je nutné zajistit, aby byl vtokový zbytek na vyhazovací straně nejprve přidržen, protože jen tak dojde k jeho vytržení z vtokové vložky. Teprve až po vytržení je vyhozen příslušným vyhazovacím systémem. Vyhazovací systém je možné pohánět mechanicky, pneumaticky nebo hydraulicky. Zpětný pohyb vyhazovacího systému může být zajištěn vratnými kolíky, pružinami nebo speciálním mechanickým, pneumatickým nebo hydraulickým mechanismem [12, 13].

O použití příslušného druhu vyhazovacího prvku rozhoduje především tvar a velikost výstřiku, tloušťka jeho stěny nebo požadovaná kvalita povrchu výstřiku. Mezi vyhazovací prvky patří [13, 16].

- válcové a tvarové kolíky
- stírací desky nebo kroužky, trubkové vyhazovače
- pneumatické vyhazovače
- speciální prvky

Vyhazovací kolíky jsou nejrozšířenější prostředky sloužící k vyhazování. Je to především díky jejich nízké ceně, jednoduchosti a funkční spolehlivosti. Při správném použití zajistí snadné vyhození výstřiku bez jakéhokoli poškození. Nejčastěji mají válcový tvar, ale není to nezbytné. Musí být ale dostatečně tuhé a snadno vyrobitelné. V kotevní desce a tvárnici jsou uloženy v tolerancích H7/g6, H7/h6, H7/j6 [12], ale v jiných částech formy se volí vůle v desetinách milimetru. Hlavním kritériem pro volbu tolerance je tekutost plastu. Uložení může zároveň plnit funkci odvodu vzduchu. Kolíky válcového tvaru se volí nejčastěji průměru od 3-20 mm [12]. Zajišťují se proti pootočení a



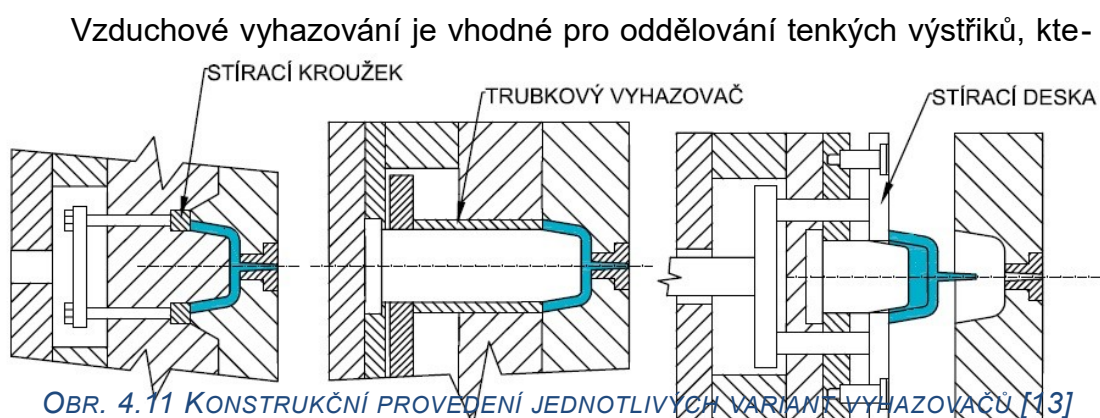
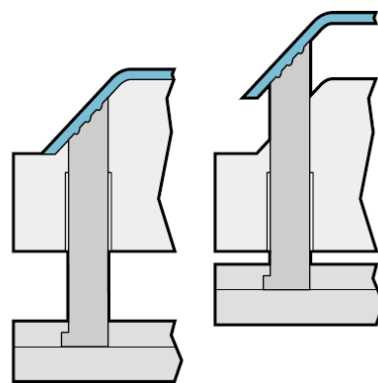
OBR. 4.9 A) PŘÍKLAD ŠPATNÉHO UMÍSTĚNÍ VYHAZOVACÍCH KOLÍKŮ, B) SPRÁVNÉ UMÍSTĚNÍ [12]

jsou ukotveny do vyhazovací desky. Polohu vyhazovací desky určuje doraz stroje. O její zpětný pohyb se stará vracecí kolík [12].

V mnoha případech tento druh vyhazovačů na výrobku zanechá patrnou stopu, proto se zpravidla umísťují proti nepohledové ploše výstřiku. Je vhodné vyhazovací kolíky umísťovat do žeber výstřiku nebo poblíž stěn, aby se předešlo nežádoucí deformaci dílu v případě vyhazování výrobku přes rovnou plochu (obr. 4.9). Výrobek je možné vyhodit i za šikmou plochu, je však nutné ji konstrukčně upravit (obr. 4.10) [16].

Pro stírací desky, kroužky a trubkové vyhazovače je společné, že stahování výstřiku probíhá tlakem po celém jeho obvodu. Protože působí na větší plochu, nezanechává vyhazovač na výstřiku po vyhození žádné stopy. Vyhazovací síla je velká a dochází jen k nepatrným deformacím. Používá se

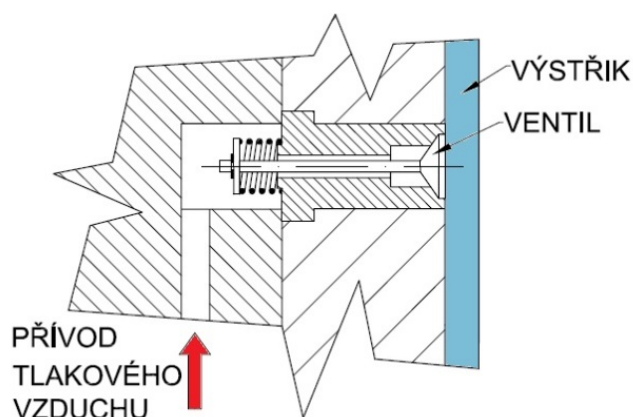
především u tenkostěnných výstřiků, aby se snížilo nebezpečí deformace, a u rozměrných dílů pro dosažení větší stírací síly. U těchto způsobů vyhazování je podmínkou, že stírací prvek dosedne v rovině na výstřik. Deskový vyhazovač se používá u vícenásobných forem. Všechna zmíněná konstrukční provedení jsou na obr 4.11 [13].



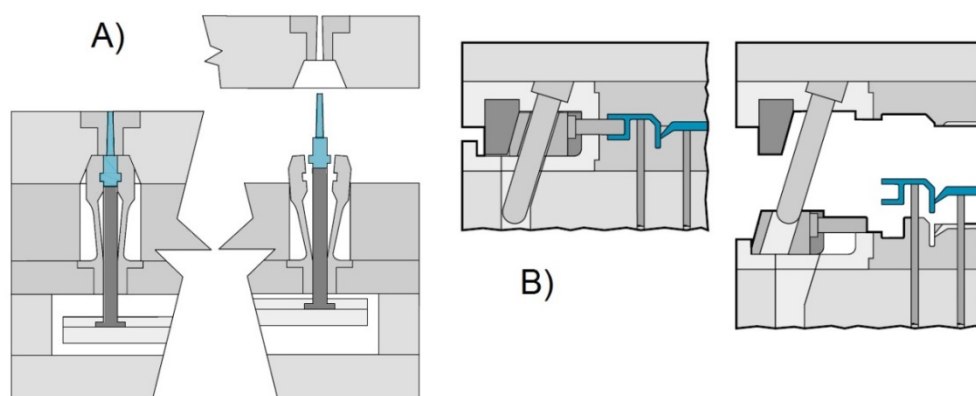
ré se po ochlazení na tvárníku chovají podobně jako přísavka v důsledku smršťování. Na rozdíl od mechanického vyhazovače, pneumatické vyhazování nepotřebuje takový zdvih, a proto forma může být zkrácena [12].

Princip je založen na tom, že stlačený vzduch se přivede mezi stěnu výstřiku a čelo formy, čímž se docílí rovnoměrného oddělení výstřiku od tvárníku. Nenastane místní přetížení dílu a nezůstanou stopy po vyhazovačích. Vzduch do formy se přivádí pomocí jehlových, kolíkových nebo talířových ventilů, jejichž otvírání zajišťuje tlak vzduchu a zavírání pružina (obr. 4.12). Jehlové ventily mají velmi malé rozměry, omezuje se tím riziko zatékání plastu. Jsou vhodné pro povrchy náročné na vzhled, je možné je použít i jako bod pro odvod plynů.

Pro automatické formy se obvykle volí dva nezávislé systémy, které zajistí vyhození výstřiku z dutiny formy. Kombinuje se tedy systém pneumatický a mechanický. Vzduchové vyhazování je ovládané mechanismem formy anebo vstřikovacím stroje [12].



Při výrobě běžných vstřikovaných dílů je možné aplikovat do formy vy-
hazovací systémy, o nichž bylo pojednáno výše. V praxi se však vyrábí
mnoho tvarově náročných dílů, kde běžné způsoby vyhazování nestačí a je
nutné je doplnit dalšími speciálními variantami vyhazovacího zařízení. Může
jít například o dvojstupňové vyhazování, kde se kombinují dva různé sys-
témy, jež se vzájemně ovlivňují a vyhazují výstřiky v různém čase [12, 13].



*OBR. 4.13 A) PRINCIP ČINNOSTI ROZPÍNACÍCH TRNŮ, B) PRINCIP
ČINNOSTÍ ČELISTÍ [12] [16]*

Dalším, méně obvyklým, způsobem je vyhazování pomocí šikmých vy-
hazovačů. Jde v podstatě o variantu čelisti, která umožňuje zhotovit na dílu
boční otvory, zápichy a jiné tvarové plochy. Jiná možnost, jak vyhazovat na-
příklad součásti se závitů anebo součásti se západkami, jsou rozpínací trny.
Tyto trny jsou po čas vstřikování stlačené, ale při otvírání formy se segmenty
uvolní vlastní pružností. (obr. 4.13) [16]

4.1.4 Temperační systém

Každá forma pro vstřikování plastů musí nejen tavenině dát požadovaný tvar, ale jak již bylo řečeno, také taveninu chladit nebo ohřívat, dosáhnout správné teploty a udržovat ji. O vše se stará temperační systém. Temperace má vliv na smrštění, tvarové změny, jakost povrchu a mechanické vlastnosti během tuhnutí dílu. Ovlivňuje také proces plnění formy a délku výrobního cyklu. Běžně se nezávisle na sobě temperuje jak pevná tak i pohyblivá část formy. Aby došlo k nejúčinnějšímu odvodu tepla, musí se temperační kanály umisťovat co nejblíže k tvarové dutině formy [12, 13].

Sdílení tepla nastává nejprve mezi taveninou a formou. Teplo z formy se odvádí temperačním systémem, vedením tepla do upínacích ploch vstřikovacího stroje a odvodem tepla do okolí. Teplota formy ale není konstantní. Nejprve po vstříknutí plastu stoupá, poté zase klesá díky funkci temperačního systému. Proto je nutné temperační proces optimalizovat, aby kolísání bylo co nejmenší. Docílí se toho správným nastavením teploty a rychlosti proudění temperačního média a rozmístěním temperačních kanálů. Mezi hlavní faktory, které mají vliv na řešení temperačního systému, patří:

- druh vstřikovaného materiálu
- velikost a tvar výstřiku, dráha toku a hloubka stěn výstřiku
- požadavky na přesnost výstřiku
- materiál formy

Temperační kanály se umisťují především do nejteplejších míst formy. Rozložení kanálu a volbu temperačního systému ovlivňují vyhazovací prvky. Někdy se na místo temperačních kanálů používají vysokovodivostní materiály přímo na konstrukci formy, hlavně u částí, které se obtížně chladí temperačními kanály, například tenké výstupky nebo dlouhá jádra. Malé tvárníky je možné chladit pomocí tepelných trubíc nebo temperačních vložek. Ty se vyrábí z materiálů, které dokáží z obtížně dostupných míst rychle odvést teplo do temperačního média. Některé druhy tvárníku je možné chladit kanálem s přepážkou nebo spirálovými trny [12, 13].

Temperační média je možné dělit na aktivní a pasivní. Aktivní jsou taková, která jsou zdrojem temperování přímo ve formě, teplo mohou přivádět nebo odvádět podle požadavku na teplotu formy. Nejčastějšími aktivními

prostředky jsou kapaliny. Používá se voda, olej a glykol. Jejich proudění by mělo být turbulentní a teplotní spád v rozmezí 3-5°C (tab. 4.1).

TAB. 4.3 AKTIVNÍ TEMPERAČNÍ PROSTŘEDKY [12]

Typ	Výhody	Nevýhody
voda	dobrý prostup tepla, nízká viskozita, nízká cena, ekologická nezávadnost	použitelné do 90°C (v tlakových okruzích možné vodu použít i při vyšších teplotách), vznik koroze (je možné potlačit upravením vody), usazení kamene
oleje	možnost temperování i nad 100°C	zhoršený prostup tepla
glykoly	omezení koroze a ucpávání systému	stárnutí, znečišťování prostředí

Druhou skupinu tvoří pasivní temperační prostředky. Užívají se především pro omezení přestupu tepla z formy do upínací desky vstřikovacího stroje nebo při odvodu tepla ze špatně temperovatelných míst. Pro izolaci se používají především desky na bázi vyztužených reaktoplastů či nekovových organických látek. Materiály pro odvod tepla jsou především slitiny Cu, Be, Al a další. Mezi speciální prvky používané pro chlazení forem patří teplo vodivé tyče, které mají vysoký chladicí účinek. Jde o kovovou tyč, v níž je kapalina, která na teplejším konci zplyňuje a na studenějším kondenzuje. Tento konec tyče zasahuje do chladicího kanálu s vodou, která zajistí její dostatečné zchlazení [12].

4.1.5 Odvzdušnění forem

Během vstřikování tavenina vstupuje do dutiny vstřikovací formy a je zapotřebí odvést všechny vzduch, aby mohla vyplnit dutinu a nedocházelo ke zvětšování tlaku uvnitř formy. Při návrhu vstřikovacích forem se konstrukci odvzdušnění nevěnuje až taková pozornost. Správná funkce odvzdušnění se ladí až při zkoušení hotového nástroje, protože odvod vzduchu při vstřikování je špatně předvídatelný. Je ovšem pravda, že moderní simulační programy dokáží místa, kde dojde k hromadění vzduchu odhadnout. Proto se tyto počítačové systémy stávají dobrým pomocníkem každého konstruktéra vstřikovacích forem [12].

Obecně platí, že čím je rychlost plnění vyšší, tím kvalitnější odvzdušnění musí forma mít. Vzduch, který nestačí opustit dutinu, se může v důsledku stlačení rychle ohřát a způsobit tak spálení plastového dílu. Jde o tzv. diesellův efekt. Kromě toho v důsledku nárůstu tlaku v dutině formy může dojít i k jejímu místnímu přetížení až poškození. Vlivem nedokonalého odvzdušnění vzniká ve formě protitlak, který je potřeba překonat zvýšením vstřikovacího tlaku. Výsledkem toho je, že hotový výrobek má vyšší vnitřní pnutí a roste jeho hmotnost. Naopak při malém vstřikovacím tlaku a nižší teplotě taveniny může u tenkostěnných dílů nastat situace, kdy vzduch kvůli malému protitlaku nemůže z formy utéct a vznikne nedotečený výstřik. U tlustostěnných dílů může naopak nastat situace, že vzduch, který z formy neunikne, se dostane do taveniny a po ochlazení v ní zůstane jako bublina [12].

Obvykle stačí vzduch z formy utéct dělicí rovinou, vůlí mezi pohyblivými částmi formy jako jsou vyhazovací kolíky a podobně. V případě, že vzduch takto neunikne, je potřeba na formě vyrobít odvzdušňovací kanálky. Tyto se zhotovují v dělicí rovině, jsou 0,05 – 0,005 mm hluboké a jejich šířka je mezi 3-6 mm [12]. Protože se viskozita taveniny v průběhu vstřikování mění, je potřeba volit rozměry odvzdušňovacích kanálků tak, aby do nich tavenina nemohla vniknout. Pro lepší odvzdušnění stačí v některých případech obrousit vyhazovací kolíky a zvětšit vůli pro snazší únik vzduchu. V kapsách, kde není možné pomocí výše zmíněných zásahů formu odvzdušnit, se mohou použít porézní vložky ze spékaných kovů, které se propojují s chladí-

cími kanály, kde se využívá podtlaku v chladícím systému. Problém s odvzdušněním se týká především nových forem, protože jejich plochy na sebe těsně dosedají. Opotřebením pohyblivých součástí pak vznikají stále příznivější podmínky pro únik vzduchu. Může ale také nastat situace, že dojde k ucpání odvzdušňovacích mezer, v důsledku unášení konzervačních látek taveninou. V mezerách dojde k jejich spálení a odvzdušnění pak ztrácí svoji účinnost [12].

4.2 Formy pro vícekomponentní vstřikování

Pro úspěšnou realizaci vícekomponentního vstřikování je nutné ve formě vyřešit překládání výstřiků do jednotlivých pozic. To může být řešeno speciální konstrukcí formy, kdy část formy je možné otočit, či zasouvat. Možné je také za pomoci stroje otáčet pouze s jednou polovinou formy nebo použít dvě klasické formy a manipulátor, který obstará překládání výstřiků mezi formami. Podle způsobu překládání můžeme formy pro vícekomponentní vstřikování dělit následovně [4 ,5]:

1. Rotace nástroje

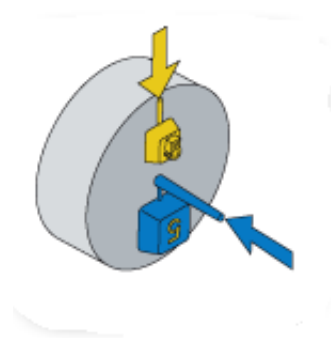
- Rotace formy kolem vodorovné osy
- Rotace formy kolem vertikální osy
- Rotace části formy kolem vodorovné osy

1. Použití posuvných tvárnků ve formě

2. Použití robotu

4.2.1 Rotace nástroje

Rotace nástroje je nezbytná, aby se výrobky mohly dostávat do jednotlivých poloh potřebných pro vstřikování. Úhel pootočení závisí na použitém způsobu vícekomponentního vstřikování. U dvoukomponentního vstřikování



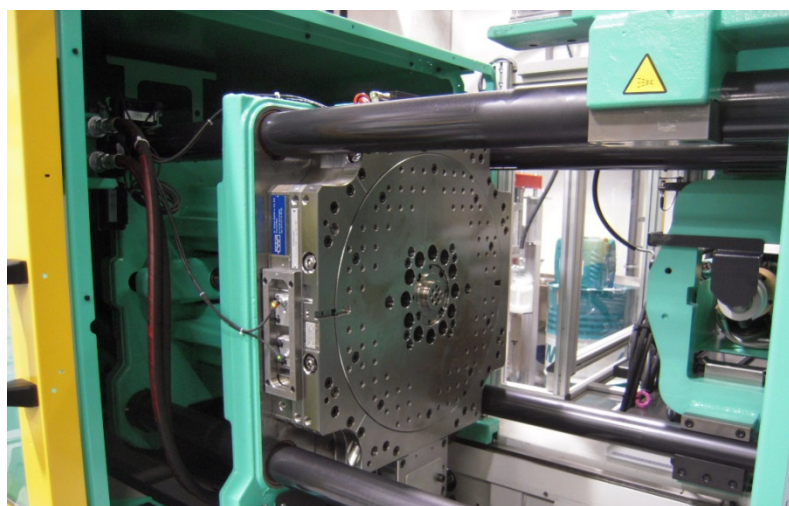
OBR. 4.14 PRINCIP
DVOUKOMPONENTNÍHO
VSTŘIKOVÁNÍ [5]

se jedna polovina nástroje otáčí o 180°, u tříkomponentního o 120°. Pohyblivý může být

tvárník nebo tvárnice, vždy se však musí pohybovat ta část nástroje, ve které po otevření zůstává výstřík. K vyhození výstříku z formy dochází až po zastříknutí všech komponent (obr. 4.14) [4].

4.2.1.1 Rotace formy kolem vodorovné osy

Na pohyblivou upínací desku vstřikovacího stroje se upevní indexová deska. Ta zajišťuje otáčení poloviny formy a její přesné polohování. Příklad indexové desky je na obr. 4.15. Protože se deska neustále otáčí o 360° , přívod chladicího média a vzduchu musí procházet osou rotace této desky. Ve zvláštních polohách jsou také umístěny dorazy pro ovládání vyhazovací desky. Deska zajišťuje, aby jednotlivé vstřikovací komory byly správně otočeny k příslušným vstřikovacím jednotkám. Pravidlem je, že pevná část nástroje

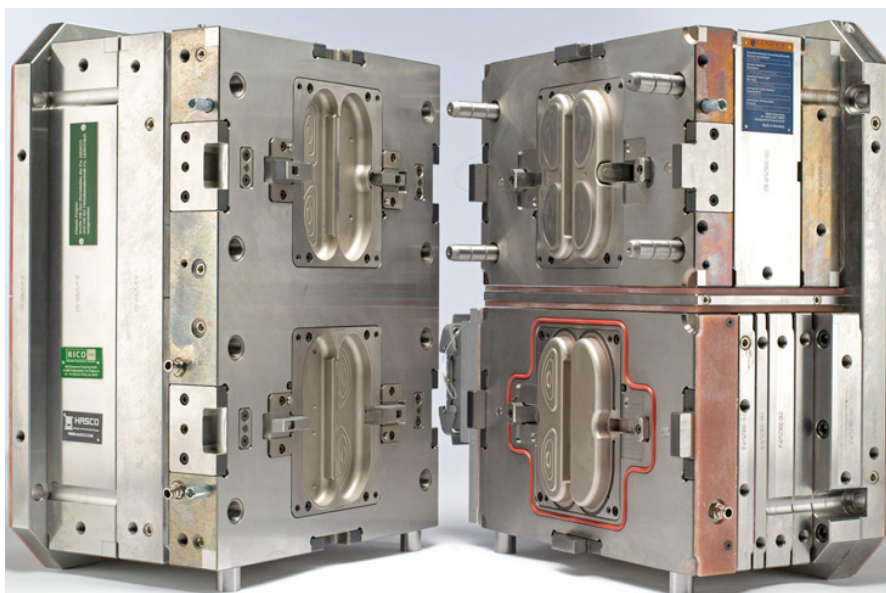


OBR. 4.15 INDEXOVÁ DESKA UCHYCENÁ NA POHYBLIVÉ DESCE VSTŘIKOVACÍHO STROJE

má dutiny rozdílné, naopak pohyblivá část nástroje má tvarové dutiny to-
tožné. Je tomu tak proto, aby bylo možné vstřikování provádět současně ve
všech tvarových dutinách. Proces probíhá tak, že po zastříknutí prvních dutin
následuje chlazení, pak se forma otevře, vyhodí se vtoky, následně dojde
k vyhození jednoho výrobku, k otočení formy o jednu polohu, uzavření a
dalšímu zastříknutí jednotlivých dutin. V jedné poloze se vstřikuje pouze je-
den komponent a v druhé je tvárnice zvětšena o určitý objem, výstřik
z jednoho druhu plastu zůstává v pohyblivé části formy a druhým kompo-
nentem je zastříknut prostor mezi tvárnici a prvním komponentem. Při vstři-
kování tří a více komponent proces probíhá analogicky. Protože všechny
vstřikovací jednotky plní dutiny současně, dochází k významnému zkrácení

výrobního cyklu. Reálné příklady dvoukomponentní formy jsou na obr. 4.16 [4, 5, 7, 8]

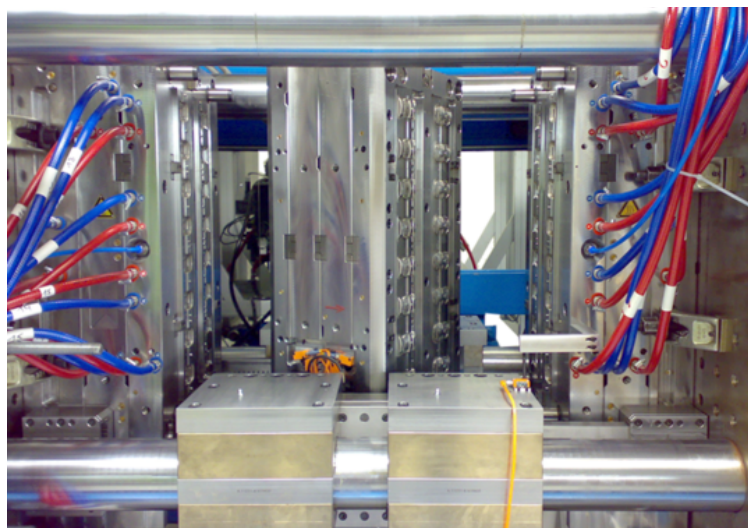
4.2.1.2
ace
my
lem



Rot
for-
ko-
ver-

OBR. 4.16 DVOUKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVACÍ FORMA [34]

tikální osy

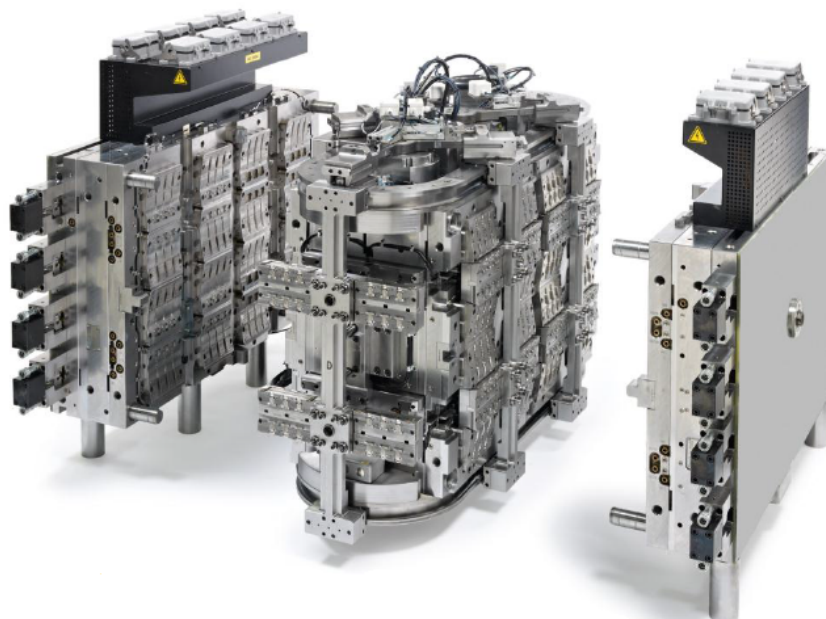


OBR. 4.17 FORMA S PROSTŘEDNÍ OTOČNOU DESKOU KOLEM VERTIKÁLNÍ OSY [39]

U tohoto způsobu překládání dochází k otočení prostřední části nástroje (obr. 4.17). Hlavní odlišností je přítomnost dvou dělicích rovin ve vstřikovací formě. Prostřední otočná část vstřikovací formy rotuje kolem vertikální osy a zároveň se posouvá pomocí posuvného modulu. Otočná deska formy může mít dvě pozice, kdy se deska otáčí o 180°, ale daleko výhodnější je mít na

prostřední otočné části pozice čtyři. Na prostřední části jsou pak čtyři totožné dutiny, ve kterých zůstává výstřik a přesouvá se do určených pozic. V tomto případě jsou dvě pozice aktivní a dvě vedlejší, které se vstřikováním neúčastní. Celý postup pak vypadá následovně: v první části se vstříkne první komponent, forma se i s výstřikem otočí o 90° a je ve vedlejší pozici. Zde je možné výstřik chladit, kontrolovat či potiskovat. Po otočení o dalších 90° se výstřik dostane do druhé vstřikovací pozice, kde je vstříknut druhý komponent. Následné otočení o 90° umožňuje hotový výrobek sestavovat s jinými výstřiky a vyjmout, poté například do prázdné tvarové dutiny vložit zálsky nebo, u technologie „in-mold labeling,” etikety [4, 7].

Prostřední část formy nemusí být jen otočná. Například firma Boucherie představila svoji koncepci formy, kterou nazvala „Flexi-Cube“ [11] (obr.4.18).

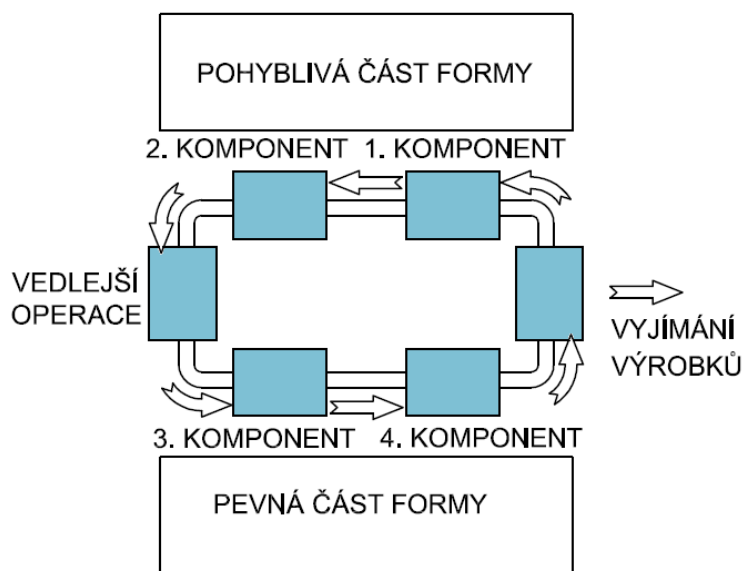


Princip tohoto řešení spočívá v tom, že jednotlivé tvarové dutiny se neotáčí,

OBR. 4.18 FLEXI-CUBE FORMA [11]

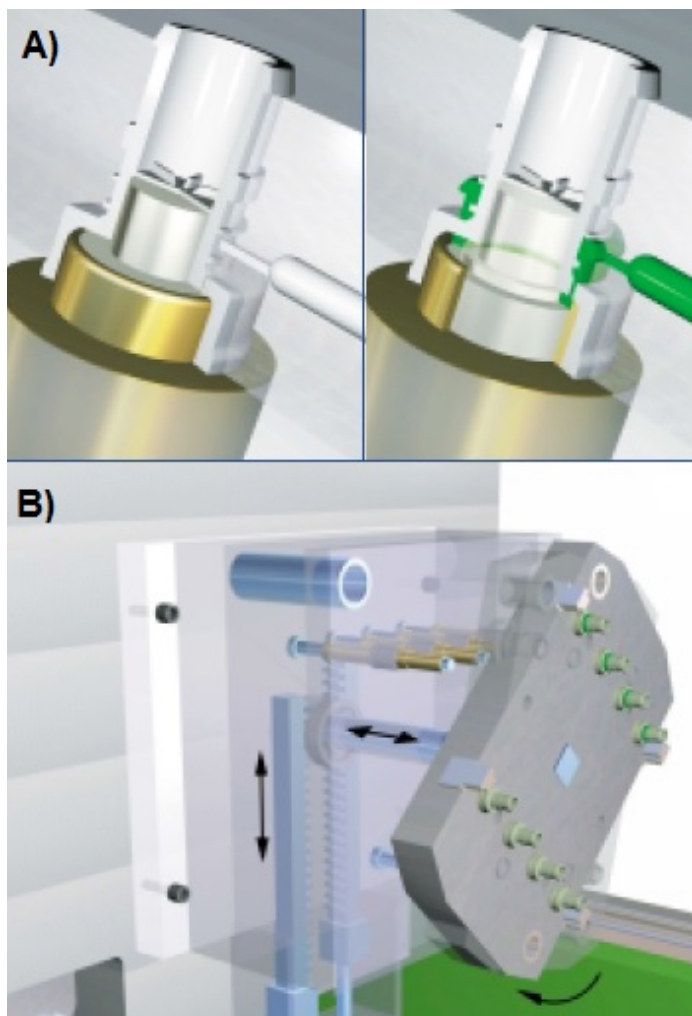
ale kolem prostřední desky se posouvají (obr.4.19). Výsledkem této koncepce je možnost vstřikování dvou až čtyř komponentů během jednoho zavření formy a navíc na bocích je na jedné straně možné do procesu začlenit vedlejší operace, popsané v předchozím odstavci, a na druhé straně je možné hotové výrobky z formy vyjmout. Tímto uspořádáním dochází k významnému snížení uzavíracích sil. To můžeme pozorovat především u výrobků

podobných objemů, kdy jednotlivé protitlaky působí proti sobě. Síly klesnou o 30-50% [4]. Těchto forem se používá především při výrobě velkoplošných součástí s těsněním, jako jsou například okna automobilu. Dochází také k významnému zkrácení výrobního cyklu a zvýšení produktivity. Čtyřpoziční otočná deska umožňuje do procesu začlenit řadu vedlejších operací, aniž by se prodloužil vstřikovací čas [9, 10, 11].



OBR. 4.19 PRINCIP FUNKCE FORMY FLEXI-CUBE [11]

4.2.1.3 Rotace části formy kolem vodorovné osy



OBR. 4.20 A) UKÁZKA VSTŘIKOVÁNÍ PRVNÍHO A DRUHÉHO KOMPONENTU Z OBOU STRAN VÝSTŘIKU B) OTOČNÁ DESKA FORMY [7]

Charakteristickým znakem tohoto systému překládání je, že rotační a přenosovou funkci obstarává pouze forma. Tohoto způsobu je využíváno v případech, kdy je potřeba druhý komponent vstříkovat z obou stran předlisku. Vstřikování takových dílů by bylo sice možné provést i přenosem pomocí rotační desky stroje, ale znamenalo by to, že by bylo nutné vyřešit nejen překládání z pozice do pozice, ale především nutnost rotace dílu, aby ho bylo možné zastříknout i z druhé strany. U rotace části formy kolem vodorovné osy je to vyřešeno tak, že rotační indexová deska předlisk setře z tvárníku a přeloží do jiné tvarové dutiny, která je zvětšena o objem druhého komponentu.

tu, a to ze strany tvárnice i tvárníku.(obr. 4.20) Z ekonomického hlediska je tento způsob překládání výhodný pouze tehdy, když je výroba prakticky nepřetržitá, protože cena rotační formy je mnohonásobně vyšší. Do formy je nutné zakomponovat mechanismus pro otáčení indexové desky, což vyžaduje složitější konstrukční řešení. Reálný příklad formy této koncepce je na obr. 4.21 [5, 7].

4.2.1 OBR. 4.21 TŘÍKOMPONENTNÍ OSMINÁSOBNÁ VSTŘIKOVACÍ
FORMA S OTOČNOU DESKOU NA VÝROBU DRŽADLA ZUBNÍCH
KARTÁČKŮ [40]



**For-
ma s po-
suvným**

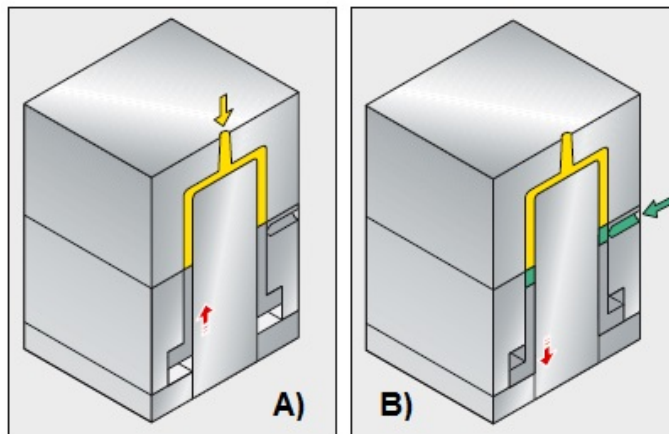
tvárníkem

Odlišnost od ostatních způsobů spočívá ve speciální konstrukci formy. Ve formě se nachází pohyblivé části, které umožní rozšířit vstřikovací dutinu. Nejprve jsou ve výchozí poloze a dutina vstřikovací formy je připravena pro zastříknutí prvním komponentem. Po ukončení plnění a chlazení prvního komponentu jsou tvárníky uvedeny do pohybu. Vstřikovací prostor je rozšířen a může být zaplněn druhým komponentem. V závislosti na počtu komponentů může následovat buď další rozšíření vstřikovacího prostoru dalšími částmi tvárníku anebo vyhození hotového výrobku z formy (obr. 4.22) [4, 5].

Hlavní výhodou tohoto způsobu realizace dvoukomponentního vstřikování je, že v průběhu procesu nedochází k otvírání formy a nutnému přenášení výrobků do dalších poloh [5].

Ačkoliv toto řešení budí zdání menší finanční náročnosti, nemusí to vždy platit. Při potřebě vstřikování více než dvou komponentů vzrůstá cena nástroje, protože přibývá počet pohyblivých částí tvárníku a komplikuje se způsob jejich ovládání. Důležité je také mít k dispozici stroj, který dokáže

jednotlivé části uvést do pohybu za pomoci dalších prostředků. Je zde též nutné počítat s delším vstřikovacím časem, protože jednotlivé materiály se vstřikují postupně na rozdíl od ostatních způsobů. V případě, že design komponentu umožňuje použít jak tento i jiný způsob realizace dvoukompo-



nentního vstřikování, je vhodné udělat hlubší analýzu, jež ukáže, který z obou způsobů je ekonomicky výhodnější.

Použití této metody má vliv i na pevnost spoje komponentů. Spoje dosahují menší pevnosti než u jiných způsobů a zajištění adheze pomocí složitější geometrie je prakticky nemožné [5].

Přesto formy s pohyblivými tvárníky nachází uplatnění tam, kde jiná možnost dvoukomponentního vstřikování je buď obtížná anebo neekonomická. Tak tomu je při výrobě rozměrných dílů, kdy by nástroj byl příliš drahý, nebo tam, kde materiál je natolik flexibilní, že s ním není možné přesně manipulovat [5].

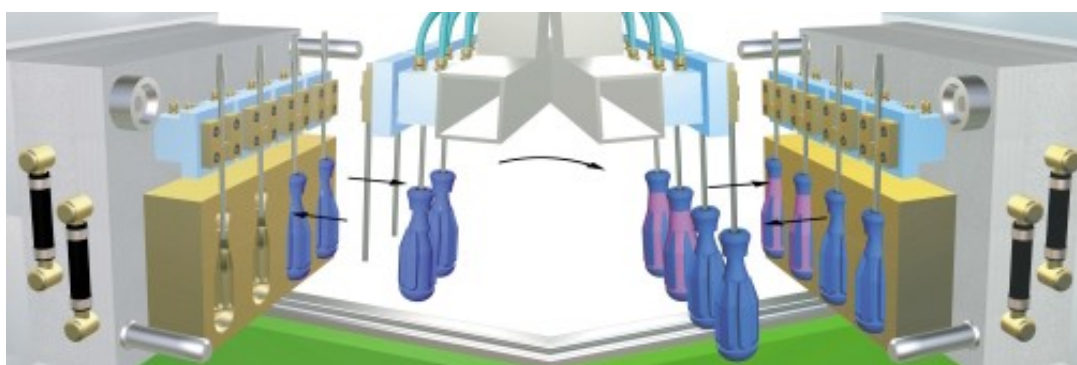
OBR. 4.22 PRINCIP FORMY S POSUVNÝM TVÁRNÍKEM A) VSTŘIKOVÁNÍ 1. KOMPONENTU, B) VYSUNUTÍ TVÁRNÍKU A VSTŘIKOVÁNÍ 2. KOMPONENTU [5]

4.2.3 Použití robotu

U tohoto způsobu nenastává rotační pohyb u části formy anebo upínací desky stroje. Je možné použít formy stejné koncepce jako pro běžné vstřikování. O překládání výrobků do jednotlivých poloh se stará robot. Tento druh překládání se používá u rozměrných dílů a u dílů, jejichž design umožňuje přesné uchycení a přeložení do další dutiny. Výhodou je, že překládání nemusí probíhat pouze mezi dutinami jedné formy na jednom stroji,

ale je možné výstřiky překládat mezi jednotlivými stroji. Pořizovací náklady za dva stroje a dvě formy jsou logicky vyšší, ale je tak možné realizovat například čtyřkomponentní vstřikování daleko snadněji, než na jednom stroji, protože na každém stroji je možné vstřikovat dva komponenty [4, 5].

Výhodou také je, že celý proces je plně automatizován, což zjednodušuje jeho kontrolu a snižuje výrobní časy. V případě výroby pohledových dílů s vysokým nárokem na kvalitu povrchu je překládání pomocí robotu výhodnější, protože se tak předchází zbytečnému poškození dílů například poškrábáním (obr.4.23) [5]



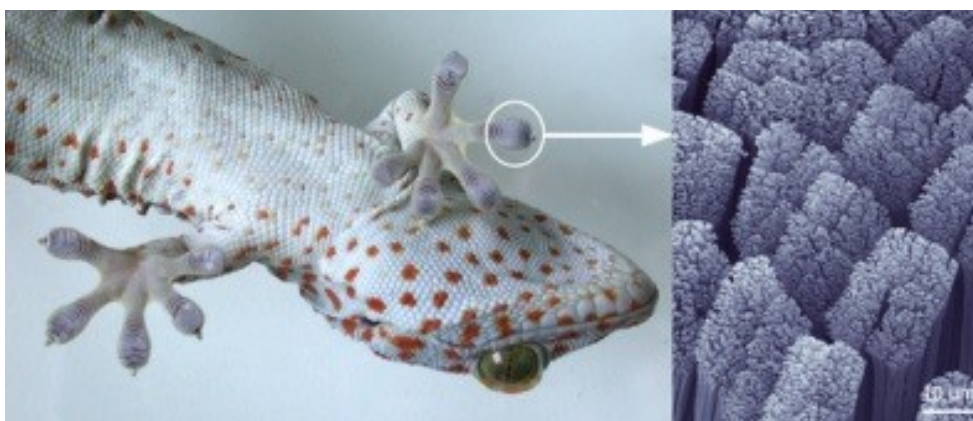
OBR. 4.23 PŘEKLÁDÁNÍ POMOCÍ ROBOTU [7]

5 Praktická část

Hlavním cílem této práce je návrh konstrukce vstřikovací formy pro dvoukomponentní (2K) vstřikovací technologii, v němž je kombinován tvrdý a měkký plast. Dalším požadavkem je na vytypovaných částech výrobku použít bionický design (reliéf).

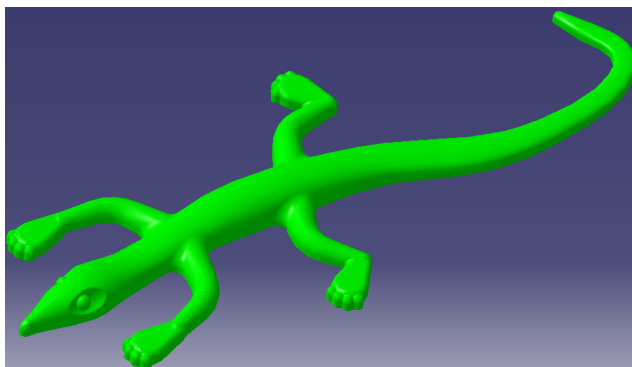
Bionika je mladá oblast výzkumu, která se snaží spojovat poznatky získané podrobným studiem živých organismů a živých struktur s technickými vědními obory. Živé organismy prošly milionem let vývoje a tvoří dokonalý systém, který se snaží bionika zúžitkovat v technické praxi. Mezi struktury vhodné k technickému využití patří například: motýlí křídla, oči hmyzu, šupiny ryb, končetiny gekona (obr. 5.1).

Právě končetiny gekona jsou zajímavé tím, že mají jeden z nejefektivnějších způsobů adheze v přírodě vůbec. Nachází se na nich mikroskopické chloupky, které se skládají ze stovek menších „nanoštětinek“, jejichž rozšířené konce fungují jako přísavky. Mezi nimi a kontaktním povrchem vznikají Van der Waalsovy síly, které umožní gekonovi lézt po různých površích a v různých polohách. Na základě výzkumu byly vytvořeny povrchy pokryté polymerním polem pilířových útvarů schopné vysoké adheze. Pří-savky na končetinách dílu, navrhovaného v této práci, by měly vykazovat podobné vlastnosti.



OBR. 5.12 GEKON, DETAILNÍ ZÁBĚR POVRCHU KONČETINY GEKONA [41]

5.1 Návrh dílu



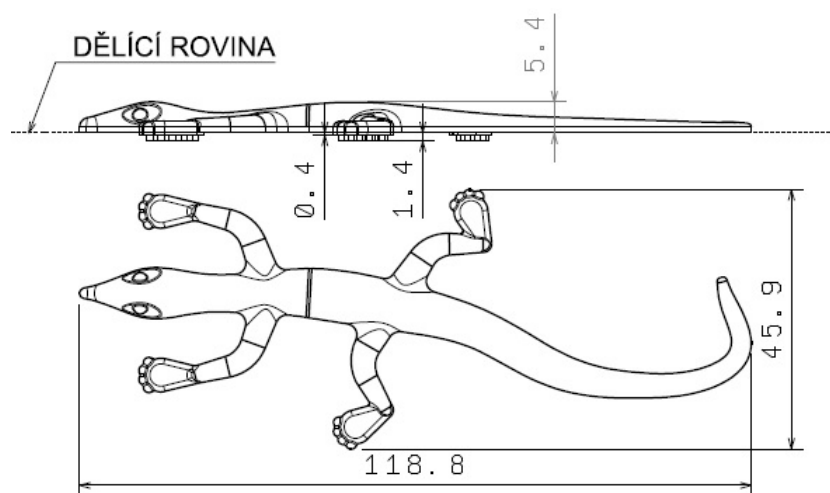
OBR. 5.13 NAVRŽENÝ TVAR
JEŠTĚRKY

Díl, pro
který byl
zfoto-
ven ná-
vrh for-
my
v této
práci, je

reklamní předmět ve tvaru zvířete. Z možných návrhů byl nakonec jako nejvhodnější zvolen tvar ještěrky. Protože vstřikovací technologie, kterou bude díl vyráběn, je dvoukomponentní, je tělo ještěrky zhotoveno z tvrdého plastu PC/ABS a druhý komponent, v tomto případě TPE, bude na jednotlivých končetinách zvířete tvořit válcové výstupky s funkcí mikropřísavek.

Z dostupných konstrukčních 3D modelovacích programů byl jako nejvhodnější zvolen program CATIA V5 R19. Model byl nejprve zkonstruován pomocí ploch v modulu Generative Shape Design. Poté byl v modulu Part Design převeden na objemový element. (obr 5.2)

Pro usnadnění vyhazování výstřiku z formy byly všechny vrchní hrany modelu zaobleny. Ostrá hrana zůstává pouze v dělicí rovině. Dělicí rovina je zároveň shodná se spodní plochou těla ještěrky. Základní rozměry modelu jsou uvedeny na obr. 5.3.

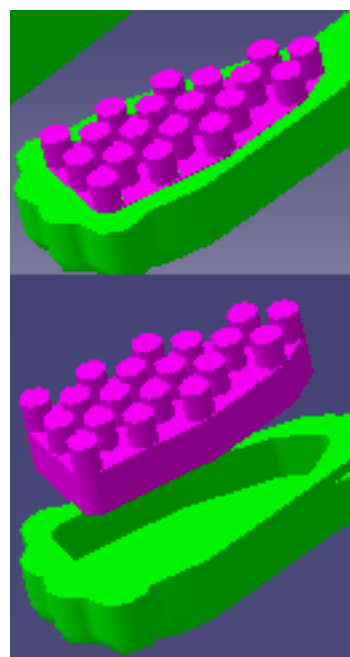


OBR. 5.14 ZÁKLADNÍ ROZMĚRY DÍLU

5.2 Končetiny s válcovými výstupky

Na spodní straně každé končetiny ještěrky je umístěno 19 válcových výstupků, které budou sloužit jako přísavky. Zastříknutí plastem pro každý tento element zvlášť by bylo z hlediska realizace vtokové soustavy značně složité. Proto byly všechny elementy v této oblasti spojeny objemem tak, aby bylo možné celou přísavku vstříkovat pouze jedním vtokem.

Pro spoj jednotlivých komponent byly vzaty v úvahu tři varianty. První možností bylo vytvoření jednoduché kapsy ve spodní části končetiny (obr.5.4). Druhá varianta počítala s návrhem geometrie, která by zcela umožňovala dokonalé mechanické zakotvení obou komponent. Tato varianta



OBR. 5.4
VARIANTA 1

by však ve výsledku vyžadovala složité konstrukční řešení, které by se odrazilo v ceně celého nástroje (obr.5.5). Proto byla zvolena třetí možnost, která do jisté míry kombinuje výhody dvou předešlých. Jednak bere v úvahu snadné zaformování jako první varianta a zároveň využívá částečný mechanický kontakt ploch jako varianta druhá. Válcovité výstupky jsou umístěny

Ve zdroji [26] je uvedeno, že spojení materiálů neprobíhá díky chemické reakci, ale adhezi, kterou způsobují mezimolekulární Van der Waalsovy síly a difuze jednotlivých molekulárních řetězců. Z hlediska kombinace těchto materiálů výrobce Kraiburg uvádí, že adheze s PC/ABS je výborná [27].

TAB. 5.4 MATERIÁLOVÝ LIST PRO BAYBLEND T65 AT [43]

TAB. 5.5 MATERIÁLOVÝ LIST PRO TPE TM3MED [44]



Test report

Compound name:		TM3MED
Compound series:		MT
Color:		translucent
Processing method:		Injection Moulding
Hardness:	30 Shore A	DIN 53505 / ISO 868
Density:	0.89 g/cm ³	DIN EN ISO 1183-1:2004
Tensile strength:	5.2 N/mm ²	DIN 53504 / ISO 37
Tear resistance:	4 N/mm	DIN ISO 34-1 Methode B (b) (Graves)
Elongation at break:	720 %	DIN 53504 / ISO 37
Module:		
100 %	0.5 MPa	DIN 53504 / ISO 37
200 %	0.6 MPa	DIN 53504 / ISO 37
300 %	0.8 MPa	DIN 53504 / ISO 37
Compression set:		
22h/100°C	43 %	ISO 815
22h/70°C	22 %	ISO 815
72 h / 23 °C	10 %	ISO 815
Hard-/soft with:		
PP	9.11 N/mm	According to Renault Test D 41 - 1916
Indoor/outdoor:		Indoor
Info:		The products of THERMOLAST® M series are intended only for applications in medical technology up to indirect blood contact applications. The usage of products from KRAIBURG TPE for medical applications with direct blood contact is non-permissible.

Remark

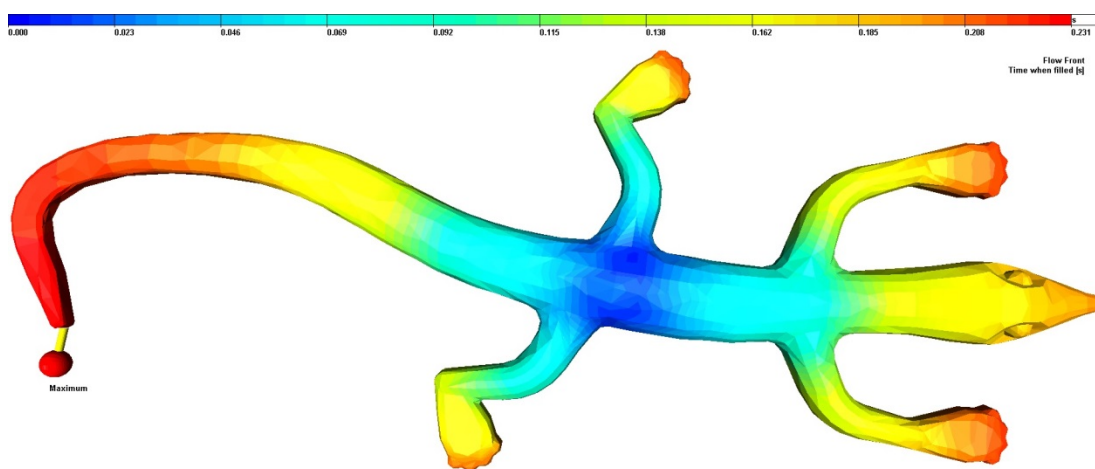
The information provided in this documentation corresponds to our knowledge on the subject at the date of its publication. This information may be subject to revision as new knowledge and experience becomes available. The results of our tests are determined by sample check and mean only a technical description of our products. It shall not absolve the customer of the responsibility to make tests for his intended process or purpose. Therefore, KRAIBURG TPE makes no warranties and assumes no liability in connection with any use of this information.

© 04.07.2012 by KRAIBURG TPE GmbH & Co. KG

Subject to change and error.

5.3.1.1 Simulace vstřikovacího cyklu

Tečení taveniny v dutině formy je komplikovaný jev, během něhož může dojít k problémům především u dílů s proměnnou tloušťkou stěny a u dílů s komplikovaným tvarem. Aby se co nejvíce předešlo případným potížím při odladění formy a při samotné výrobě plastového dílu v budoucnu, byl vstřikovací cyklus odsimulován pomocí programu Cadmould 3D-F. Jde o CAE software pro analýzu procesu vstřikování plastů. Vstupní model do tohoto programu vychází z 3D modelu vytvořeného v programu Catia, který bylo nutné převést do formátu STL. Program Cadmould snadno připraví 3D výpočtový model, ve kterém zohlední měnící se materiálové veličiny jako je teplota nebo smyková rychlost s ohledem na tloušťku stěn a umožní tak přesný výpočet proudových stavů v různých místech konstrukce. Výpočty jsou teplotně závislé, respektují stlačitelnost taveniny a rovněž zohledňují viskózní chování taveniny [17, 18].



Vstřikovací cyklus byl ověřen pro tělo ještěrky ze směsi PC/ABS (obr. 5.7) a pro přísavky na končetinách z TPE. Ty budou plněny pomocí studené vtokové soustavy se čtyřmi tunelovými vtoky. Pro přesnější výsledky byl proces vstřikování pro přísavky z TPE odsimulován na CAD modelu i s vtokovou soustavou. Pro tělo ještěrky to již nutné nebylo, protože to bude vstřikováno pomocí horké trysky s bodovým vyústěním. Vstupní údaje pro simulace jsou uvedeny v tab. 5.3, 5.4.

OBR. 5.7 SIMULACE PLNĚNÍ TVAROVÉ DUTINY PRO PC/ABS- ČASOVÝ PRŮBĚH [s]

TAB. 5.6 HLAVNÍ PARAMETRY PRO VSTŘIKOVÁNÍ PC/ABS

Technologické parametry		Jednotka
doba plnění formy	0,23	[s]
tlaková kontrola plnění	99	[%]
teplota taveniny	260	[°C]
rovnoměrná teplota stěny formy	85	[°C]
teplota při vyjmutí dílu	120	[°C]
dotlak	1	[s]
chlazení	46,1	[s]

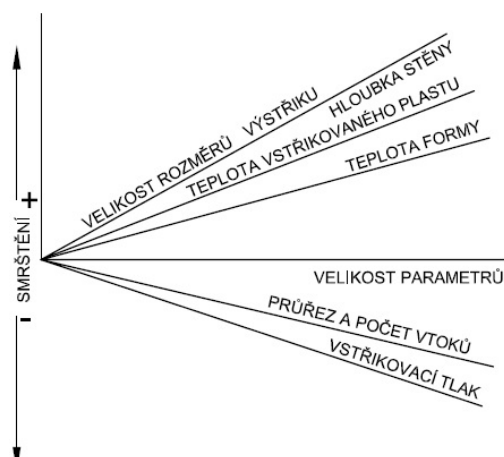
TAB. 5.7 HLAVNÍ PARAMETRY PRO VSTŘIKOVÁNÍ TPE

Technologické parametry		Jednotka
doba plnění formy	0,22	[s]
tlaková kontrola plnění	99	[%]
teplota taveniny	220	[°C]
rovnoměrná teplota stěny formy	40	[°C]
teplota při vyjmutí dílu	85	[°C]
dotlak	1	[s]
chlazení	2,87	[s]

Důležité výstupy ze simulačního programu pro tuto práci jsou:

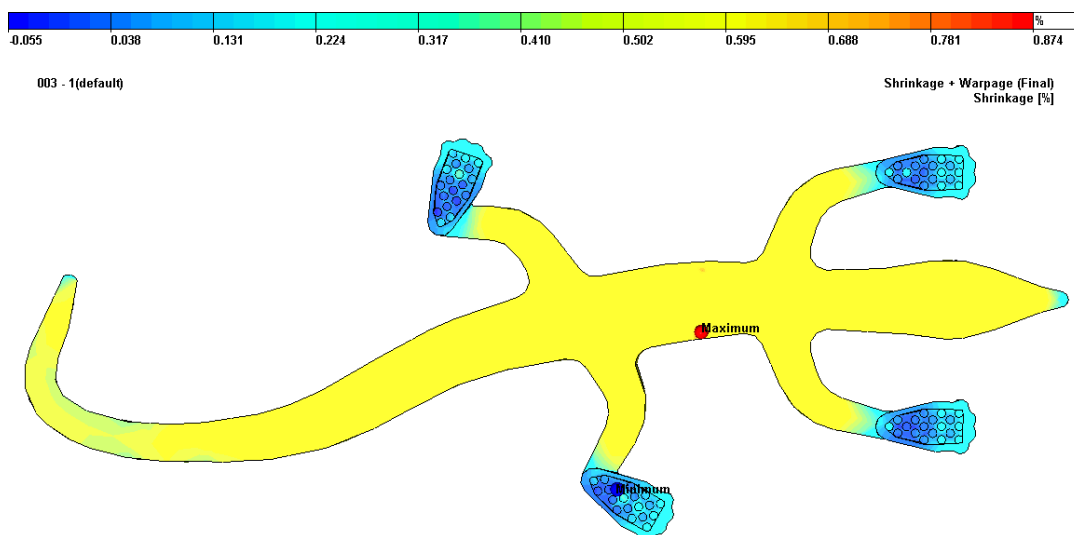
- smrštění plastového dílu
- simulace plnění dutiny a celková kvalita dílu
- lokalizace míst, kde dochází k hromadění vzduchu
- chlazení plastového dílu

Hodnoty smrštění u výrobku jsou důležité především pro návrh tvarových dutin formy. Ty je nutno navrhnout tak, aby výsledný díl měl skutečně požadované rozměry. Smrštění je nazýváno výrobní a projevuje se do 24 hodin po výrobě vstřiku. Prakticky se nedá odstranit, jen je možné jeho hodnotu snížit a představuje 90% veškerého smrštění dílu [12]. Hlavní faktory ovlivňující smrštění jsou uvedeny na obr. 5.8.

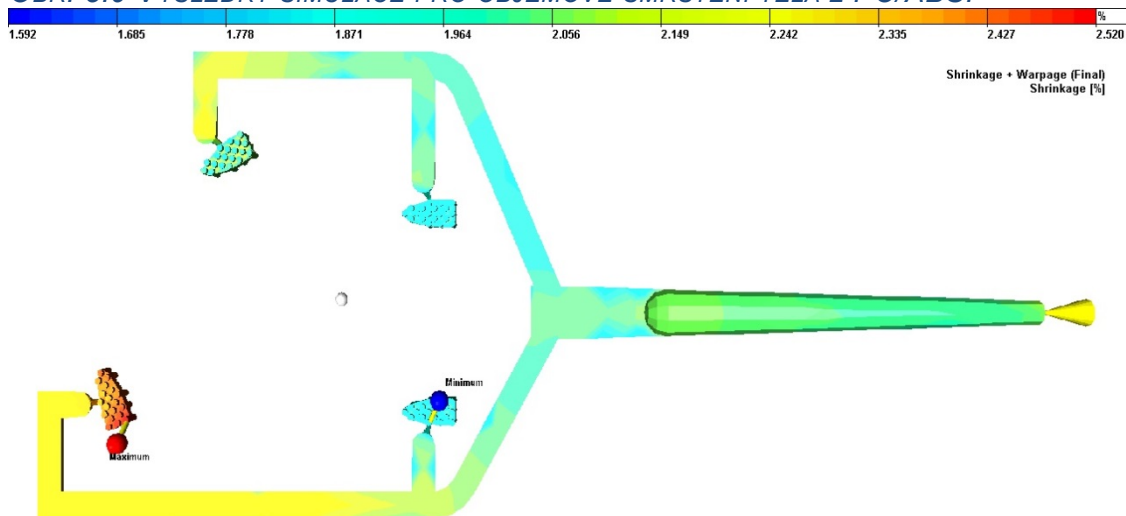


OB. 5.8 HLAVNÍ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VELIKOST SMRŠTĚNÍ [12]

Pomocí simulace bylo zjištěno, že pro tělo ještěrky vyrobené z materiálu PC/ABS se maximální hodnota výrobního smrštění pohybuje kolem 0,6 %. V případě vstřikování přísavek ještěrky z TPE bylo smrštění podstatně větší, a to okolo 2,4 %. Výsledky simulace jsou na obr. 5.9.



OBR. 5.9 VÝSLEDKY SIMULACE PRO OBJEMOVÉ SMRŠTĚNÍ TĚLA Z PC/ABS.

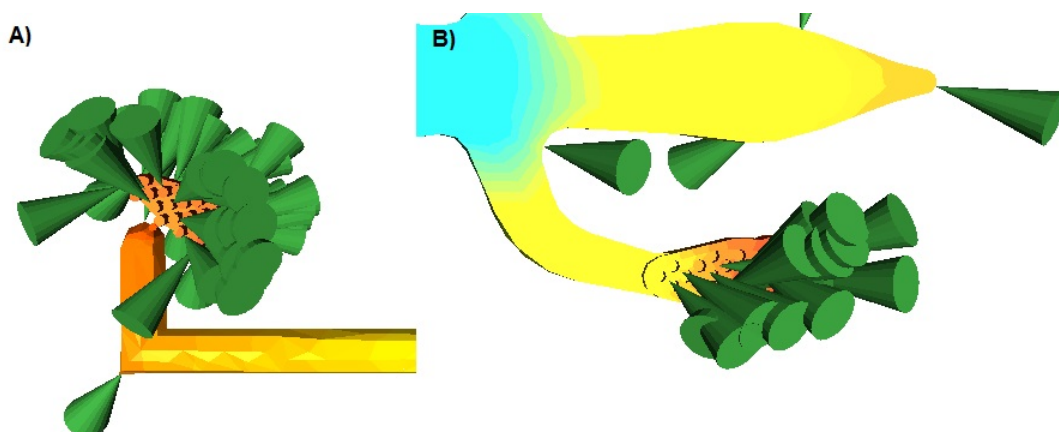


OBR. 5.10 VÝSLEDKY SIMULACE PRO OBJEMOVÉ SMRŠTĚNÍ PŘISAVEK Z TPE.

Dalším cílem simulace bylo zjištění, zda bude možné navržený díl vstřikováním vůbec vyrobit. Bylo proto odsimulováno zastříknutí tvarové dutiny. Výsledek simulace byl příznivý, protože jednotlivé taveniny zcela bez problémů zaplnily celou dutinu formy těla i přísavek s válcovými výstupky.

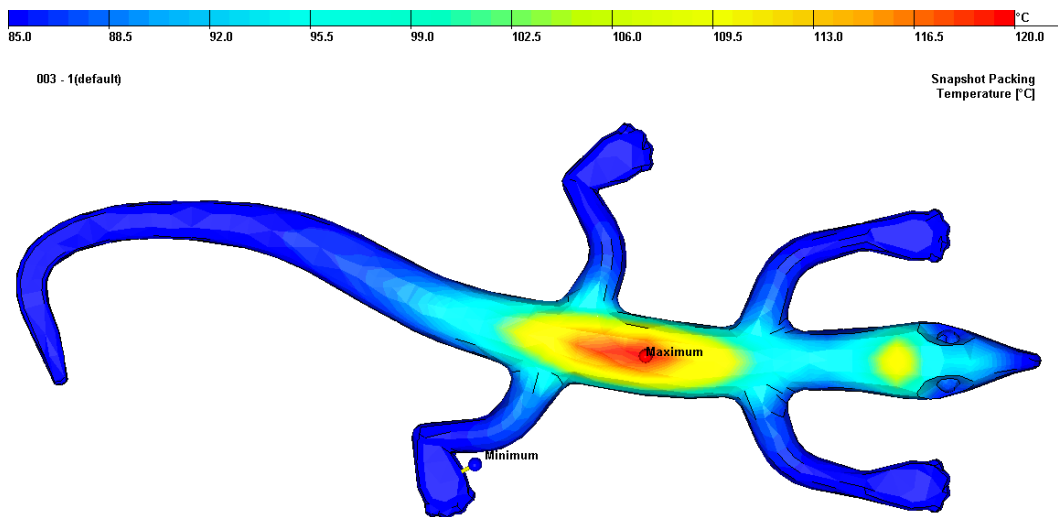
Pro konstrukci budoucí formy je také důležité lokalizovat místa, kde dochází k hromadění vzduchu. Tato místa se musí dokonale odvzdušnit, aby výsledná kvalita dílu odpovídala požadavkům a předešlo se mnoha povr-

chovým vadám, ke kterým v důsledku přítomnosti vzduchu ve formě může dojít. Jedná se zejména o nedostříknuté díly, kdy vzduch brání tavenině tvarové plochy zaplnit, vzduchové bubliny, které vzniknou proniknutím vzduchu do taveniny, vzduchové šmouhy, způsobené neodvedeným vzduchem, ulpívajícím na stěně formy ve směru tečení taveniny nebo diesel efekt, při kterém dojde k místnímu spálení dílu vlivem prudkého zahřátí vzduchu v nedostatečně odvzdušněné dutině formy. Simulace ukázala, že k největšímu hromadění vzduchu dochází na spodní straně končetin ještěrky. Je to způsobeno především složitější geometrií. Obdobně dopadla simulace i pro vstřikování přísavek z druhého komponentu. I zde vzniklo mnoho míst, ve kterých by se vzduch mohl hromadit. Označená místa jsou na obr. 5.11. Aby tedy bylo možné tento díl bez povrchových vad vyrobit, bude se muset v těchto místech zhotovit dodatečné odvzdušnění.



OBR. 5.11 DETAIL HROMADĚNÍ VZDUCHU A) U PŘÍSAVEK Z TPE B) U TĚLA Z PC/ABS

Podle předpokladu dopadla i simulace průběhu teploty plnění těla ještěrky. Nejvyšší teplota byla zjištěna v místech s největší tloušťkou stěny dílu. Toto místo je zároveň i místo vtoku. To je ovšem příznivé pro správnou funkci dotlaku, kvůli kterému bude možné eliminovat případné nebezpečí vzniku propadlin v těchto místech. Výsledek simulace je na obr. 5.12.



OBR. 5.12 PRŮBĚH TEPLOTY PLNĚNÍ PRO TĚLO Z PC/ABS

Jiná situace nastala při simulaci vstřikování u přísavek. Ty jsou nerovnoměrně rozmístěny, a proto jejich zaplnění neprobíhá najednou. Teplota přísavek umístěných blíže ke vtoku je přibližně o 20°C nižší než u vzdálenějších. Tento nedostatek bude nutné vyřešit buď rozdílným chlazením nebo teplotou formy popřípadě rozdílným dimenzováním vtokového kanálu tak, aby tavenina všechny čtyři dutiny zaplňovala co nejrovnoměrněji.

6 Návrh konstrukce dvoukomponentní vstřikovací formy

Forma je navržena tak, aby na ní bylo možné technologií dvoukomponentního vstřikování vyrobit navržený díl. Samotný návrh je zhotoven pomocí konstrukčního softwaru Catia V5 R19 (dále pouze Catia).

Program Catia obsahuje samostatný modul pro tvorbu vstřikovacích forem nebo je možné jednotlivé díly formy samostatně vymodelovat a vytvořit z těchto dílů celkovou sestavu formy. Druhý způsob je časově náročnější, nabízí ale v konstrukci větší volnost. Návrh formy pro tuto práci byl vypracován jako kombinace obou zmíněných způsobů.

Při práci na návrhu bylo také využito hotových modulů forem od firmy HASCO Hasenclever GmbH + Co KG (dále pouze HASCO) a komponentů pro horkou vtokovou soustavu od firmy Thermoplay S.p.A (dále pouze Thermoplay).

6.1 Volba vstřikovacího stroje

Před řešením návrhu formy bylo třeba nejprve vybrat vstřikovací stroj, pro který bude forma konstruována. Vzhledem k tomu, že se jedná o formu pro vícekomponentní vstřikování, je nutné, aby stroj zmiňovanou metodu plně podporoval, tedy aby měl více jak jednu plastikační jednotku.

V laboratořích Katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci je k dispozici vstřikovací stroj pro vícekomponentní procesy, proto bude celý návrh formy přizpůsoben právě jemu. Jedná se o stroj od firmy ARBURG s označením Allrounder 520 S (obr. 6.1). Stroj je osazen třemi vstřikovacími jednotkami. Hlavní je horizontální, vstřikuje kolmo na dělicí rovinu a je určena pro termoplasty. Druhá, horizontální, je umístěna do tvaru písmene L, vstřikuje do dělicí roviny formy a je určena pro silikony. Třetí vstřikovací jednotka je vertikální, vstřikuje opět do dělicí roviny formy a je určena pro termoplasty. Protože oba materiály, ze kterých se skládá ještěrka, jsou ter-

moplastické, bude využito hlavní a vertikální vstřikovací jednotky. Základní technická data stroje jsou v následující tab.6.1.

TAB. 6.8 ZÁKLADNÍ PARAMETRY STROJE

parametr	hodnota	jednotka
max. plastikační kapacita	25/29/35	kg/h
max. vstřikovací kapacita	154/201/254	cm ³
max. vstřikovací tlak	2500/2000/1580	bar
max. uzavírací síla	1600	kN
max. vyhazovací síla	50	kN
průměr šneku	35/40/45	mm
max. vstřikovací rychlost	128/168/212 128/168/212 160/210/266	cm ³ /s
vzdálenost mezi sloupky	520 x 520	mm
minimální uzavřená výška formy	250	mm
maximální otevřená výška formy	825	mm

Číselné označení stroje „520“ znamená, že vzdálenost mezi vodícími sloupky uzavíracího hydraulického mechanismu je 520mm. To je jeden z nej-



důležitějších údajů, protože na jeho základě je navržena velikost upínacích a tvarových desek formy. Zvolený základní rozměr formy je 296 x 296 mm. To znamená, že je to rozměr, který umožní bezproblémové uchycení formy na pevnou a pohyblivou upínací desku stroje.

Mezi další parametry, které se vztahují ke správné volbě rámu vstřikovací formy, patří vzdálenosti upínacích desek pro formu. Důležitá je jejich maximální a minimální vzdálenost tab.6.1. Maximální, aby bylo možné formu plnohodnotně otevřít, a minimální, aby bylo možné zajistit dokonalé uzavření formy. Nutno zdůraznit, že pro vícekomponentní procesy je navíc stroj osazen indexovou deskou, která je upnuta k pohyblivé upínací desce uzavíracího mechanismu. Proto je nutné ještě počítat i s její tloušťkou, která je 120 mm. Indexová deska se stará o otáčení formy do jednotlivých pozic potřebných pro vícekomponentní procesy.

Mezi další důležité parametry pro volbu vhodného stroje se řadí uzavírací síla. Vypočítává se podle následujícího vztahu (1), výpočet je uveden v tabulce 6.2 [12].

OBR. 6.15 TŘÍKOMPONENTNÍ VSTŘIKOVACÍ STROJ ARBURG ALLROUNDER 520 S

$$F_R = 1,2 \cdot S \cdot P_i \cdot K \geq F_u \quad (1)$$

TAB. 6.9 JEDNOTLIVÉ VELIČINY PRO STANOVENÍ F_u

Označení	význam	stanoveno pomocí	hodnota	jednotka
S	průmět plochy výstřiku do dělicí roviny	Catia	28,5	cm ²
P _i	tlak plastu v dutině formy	Cadmould	28,8	MPa
k	součinitel tekutosti	Tab. 6.3	2	-
F _R	rozevírací síla (působí proti uzavírací síle)	vzorec (1)[12]	197,0	kN
F _u	uzavírací síla stroje	návod stroje [24]	1600	kN
VÝSLEDEK $F_u \geq F_R$			VYHOVUJE	

TAB. 6.10 HODNOTY SOUČinitele TEKUTOSTI [12]

MATERIÁL	SOUČINITEL
Acetát celulózy	1,0
Polyamid 6	0,8
Nízkohustotní polyethylén	0,6
Vysokohustotní polyethylén	0,8
Polymethylmetakrylát	2,2
Polypropylén	0,8
Polystyrén	1,0
Polystyrén houževnatý	1,3
Polyvinylchlorid měkčený	0,8

Kopolymer ABS	2,0
---------------	-----

Z tab. 6.2 vyplývá, že uzavírací síla potřebná pro uzavření navrhované formy je 197 kN. Maximální uzavírací síla, kterou je stroj 520 S schopen vyvodit je 1600 kN. Znamená to, že tento stroj bude schopen navrhovanou formu bez problému uzavřít.

Stroj je v obou plastikačních komorách schopen připravit až 201 a 254 cm³ taveniny. Objem těla ještěrky je 3,9 cm³ a objem přísavek se vtokovou soustavou je 3,5 cm³. I z tohoto hlediska je stroj vyhovující.

6.2 Zvolená koncepce formy pro dvoukomponentní vstřikování

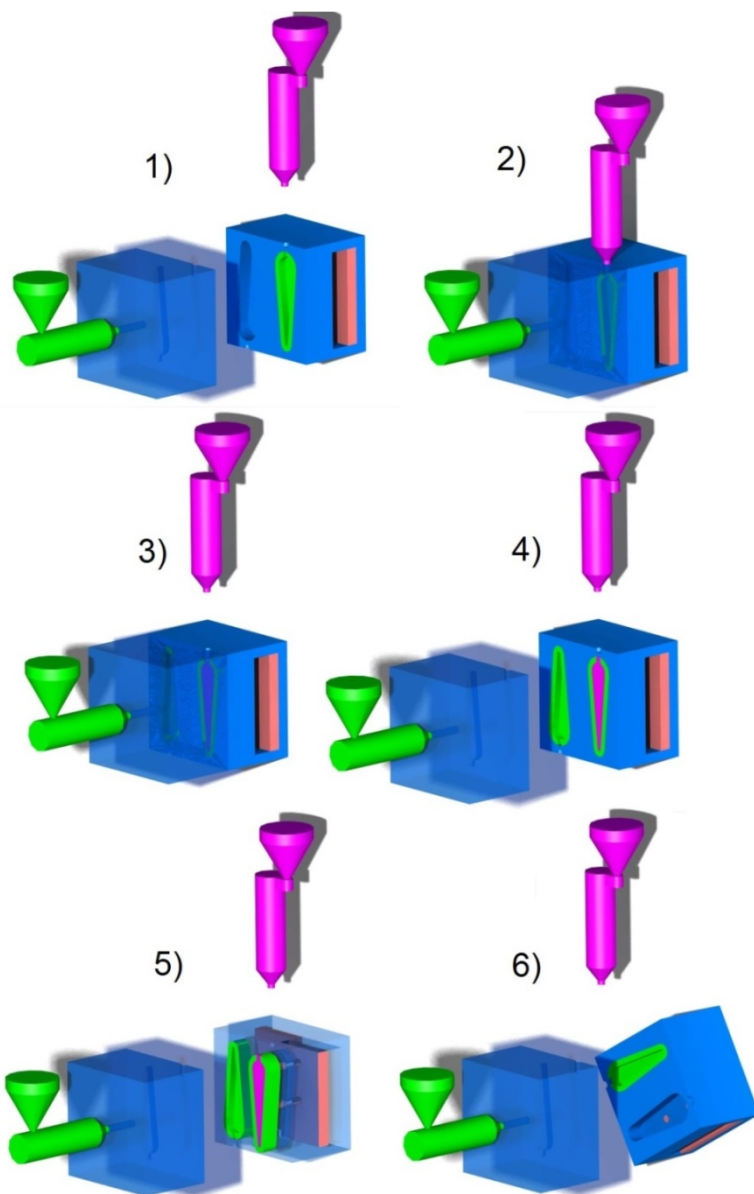
Ze tří základních možností, jak pro dvoukomponentní technologii výrobek zaformovat, byla zvolena varianta, kdy část vstřikovací formy bude otočná kolem horizontální osy. Tato koncepce nezbytně vyžaduje vstřikovací stroj s indexovou deskou. Touto deskou je zvolený stroj v laboratoři Katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci vybaven.

Další možné způsoby pro zaformování dílu jsou nevhodné. Formu s posuvným tvárníkem nelze použít, protože zaformování TPE na končetinách ještěrky má složitou geometrii a nebylo by tak možné dodržet potřebné předpoklady pro adhezi komponent. Vzhledem k malé velikosti celého dílu by mechanismus pohyblivého tvárníku měl miniaturní rozměry a nebylo by možné zaručit jeho správnou funkci. Forma s překládáním pomocí manipulace není rovněž příliš vhodným způsobem řešení, protože malé rozměry dílu by neumožňovaly plnohodnotné, přesné uchopení. Nutno zmínit, že manipulační zařízení ani není v laboratoři univerzity k dispozici.

6.2.1 Předpokládaná funkce formy během vstřikovacího procesu

Každý cyklus vstřikování bude začínat zavřením formy (obr. 6.2 bod 1). Jedna tvarová dutina je zcela prázdná, naopak v druhé dutině se nachází polotovár těla ještěrky, který byl přenesen otočením formy z první pozice. Nevyplněný prostor dutiny v místě přísavek, který je nutné nyní zaplnit, se na-

chází mezi výstřikem ještěrky a tvárníkem. Po přisunutí vstřikovací jednotky dochází ke vstřiku TPE do tohoto volného prostoru a současně se opět vstříkuje PC/ABS do prázdné dutiny v první pozici (obr. 6.2 bod 2). Po dokončení



plnění následuje fáze chlazení jednotlivých výstřiků a současně se od formy odsune plastikační jednotka (obr. 6.2 bod 3). Poté následuje otevření formy (obr. 6.2 bod 4). Během otvírání je nutné díl, který se skládá již ze dvou komponentů a vtokového zbytku z TPE z formy vyhodit (obr. 6.2 bod 5). Naopak polotovar těla ještěrky, tedy první komponent, zůstává v dutině formy. Zde není potřeba vyhazovat vtokový zbytek, protože je vstřikováváno pomocí horké vtokové soustavy s bodovým ústím, které se po otevření formy od výstřiku samovolně oddělí. Poté, co je jedna dutina pohyblivé části formy prázdná, dojde k přeložení výstřiku do druhé pozice (obr. 6.2 bod 6). Pře-

ložení je realizováno otočnou deskou stroje. Jakmile je otáčení formy u konce, dojde k jejímu uzavření a celý cyklus se opakuje.

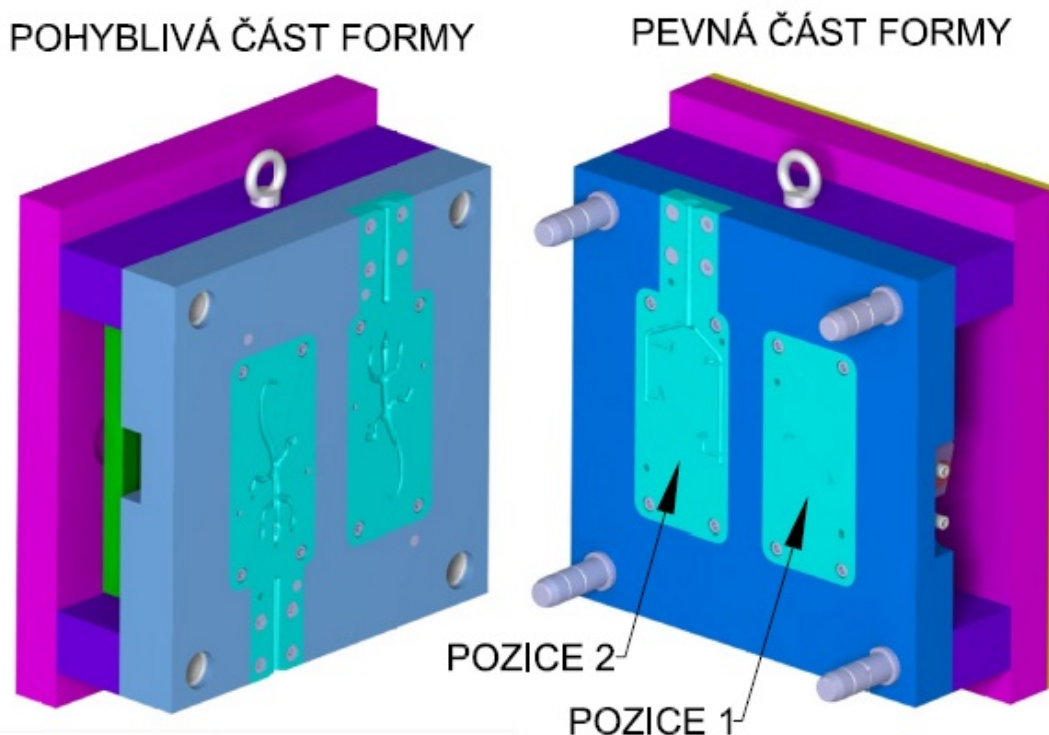
6.3 Návrh jednotlivých částí formy

Tak jako každou vstřikovací formu, tak i tuto navrhovanou, je možné rozložit na dvě části. Jedna část je pevná a bude uchycena na pevné desce vstřikovacího stroje. Druhá část je pohyblivá a zároveň i otočná kolem horizontální osy kvůli realizaci dvoukomponentního vstřikování. Pevná část se skládá z upínací desky, rozpěrných desek a kotevní desky. Ta má v sobě dvě vyfrézované dutiny, do kterých jsou upevněny dvě tvarové vložky (tvárníky), které jsou vůči sobě otočeny o 180°. Tyto vložky jsou tvarově rozdílné, jedna slouží pouze pro vstřikování těla ještěrky z PC/ABS a druhá pro přísavky z TPE. V této polovině formy je také umístěna horká vtoková soustava pro PC/ABS, která vyúsťuje do jedné vložky, a studená vtoková soustava, která leží v dělicí rovině formy. Ta používá tunelové ústí, aby bylo zajištěno dokonalé oddělení vtokového zbytku od výstřiku, a je umístěna v tvarové vložce v pevné části formy (obr. 6.3).

Pohyblivá část formy je tvořena upínací deskou, rozpěrnými deskami, vyhazovací deskou a opět kotevní deskou. Do kotevní desky jsou opět profrézovány dutiny, do kterých jsou vloženy tvárnice. Tvárnice jsou naprosto totožné a opět jsou vůči sobě otočené o 180°. Vyhazovací systém je rozdělen na dvě části. Je to kvůli tomu, že v jedné tvárnici je nutné výstřik ponechat, aby ho bylo možné přenést do následující pozice, zatímco v druhé je díl již hotový a je zapotřebí ho vyhodit pomocí vyhazovacích kolíků. O návrat vyhazovací desky se stará vracecí kolík.

Přesná pozice obou částí formy je zajištěna čtyřmi vodícími sloupky. Ty jsou uchyceny v nepohyblivé části formy. V protější části formy jsou vodící pouzdra.

V následující kapitole bude podrobněji pojednáno o jednotlivých částech vstřikovací formy. Jejich návrh byl zhotoven pomocí programu Catia, podle dokumentace dostupné z webových stránek firem HASCO a Thermoplay. V návrhu formy bylo použito co největší množství normalizovaných součástí pro vstřikovací formy. Hlavním důvodem je zkrácení času nutného pro realizaci formy a ekonomická úspora, protože výroba formy z nenormalizovaných dílů je podstatně nákladnější.

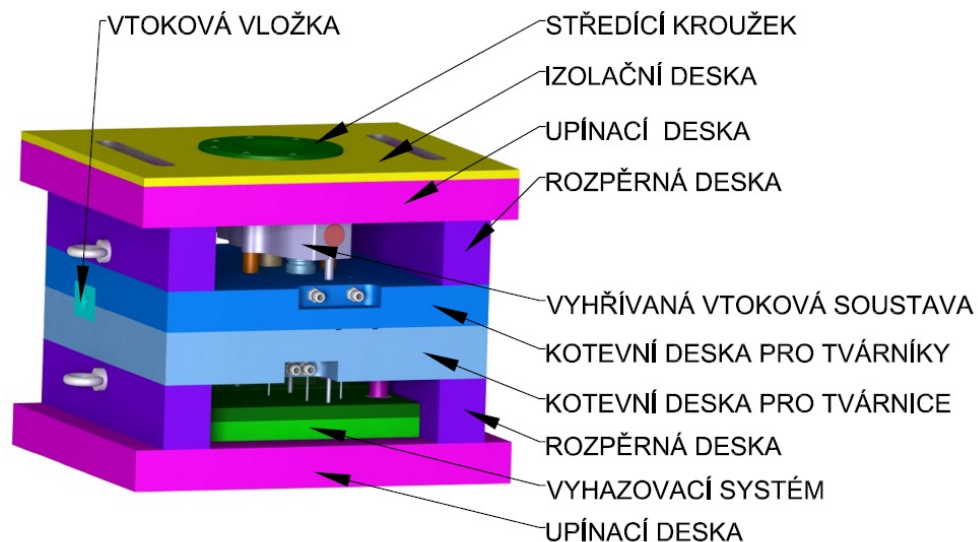


OBR. 6.17 JEDNOTLIVÉ POLOVINY NAVRŽENÉ 2K VSTŘIKOVACÍ FORMY

6.3.1 Rám formy

Vzhledem k jednoduchému tvaru výstřiku byla pro tuto práci zvolena koncepce dvoudeskové formy. S přihlédnutím k velikosti výstřiku a k velikosti upínací desky stroje byl zvolen základní rozměr kotevní desky podle katalogu firmy HASCO 296 X 296 mm.(obr. 6.4).

Kotevní deska v nepohyblivé části formy má označení podle katalogu firmy HASCO P/296x296x36/1.2343.[19] Písmeno P představuje typ desky (nesvtaná čtvercová deska), dále následuje její přesný rozměr délka x šířka x výška a poslední číslo označuje materiál, ze kterého je deska vyrobena. Bližší specifikace tohoto materiálu je uvedena v tab. 6.4.

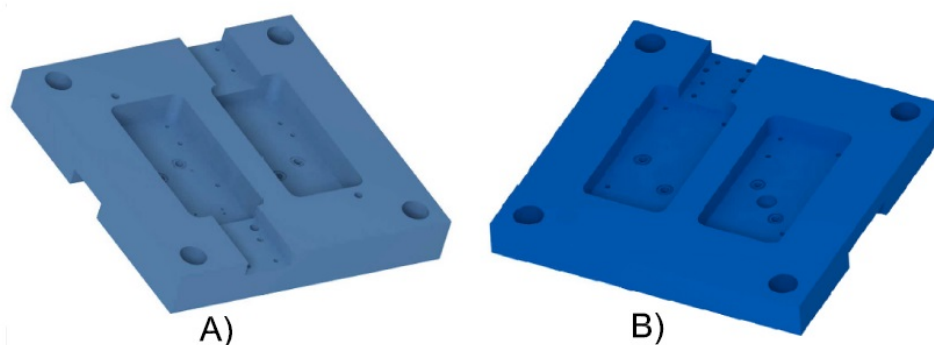


OBR. 6.18 RÁM 2K VSTŘIKOVACÍ FORMY S POPISEM ZÁKLADNÍCH ČÁSTÍ

TAB. 6.11 MATERIÁL DESEK RÁMU FORMY (HASCO) [42]

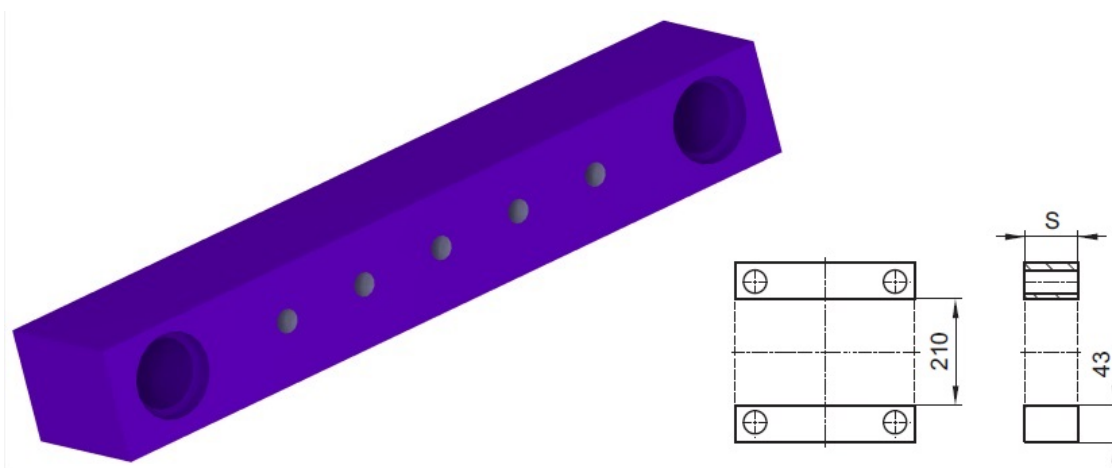
norma DIN	složení	pevnost při dodání	
označení			
1.2343*	C 0,38 ; Si 1,05 ; Mn 0,4 ; Cr 5,15 ; Mo 1,25 ; V 0,38	max. 775 N/mm ²	standardní tepelně zpracovaná nástrojová ocel
X37Cr- MoV5-1			
1.1730	C 0,45; Si 0,30; Mn 0,70	max. 700 N/mm ²	uhlíková ocel
C45			

Kotevní deska na pohyblivé straně má katalogové označení P/296 x 296 x 46/1.2343.[19] Je zhotovena ze stejného materiálu, pouze její výška je odlišná. Je to kvůli tomu, aby do ní bylo možné zapustit vyšší tvarové vložky, v tomto případě tvárnice (obr. 6.5).



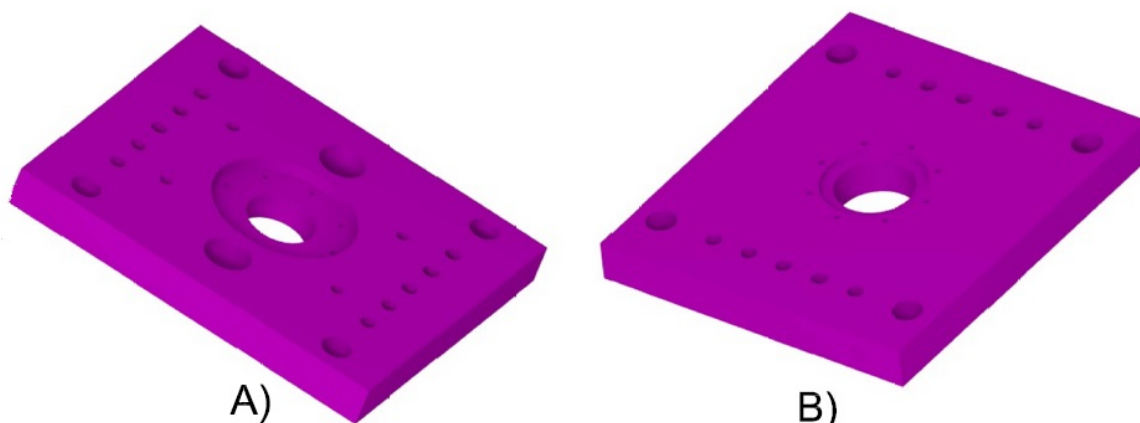
OBR. 6.19 FINÁLNÍ PODOBA KOTEVNÍCH DESEK PO OBROBNÍ
A) OTOČNÁ ČÁST FORMY B) PEVNÁ ČÁST FORMY

Na kotevní desky na straně pevné i pohyblivé části formy, navazují rozpěrné desky. Na pevné straně formy je tomu kvůli umístění horkého rozvodu a na straně pohyblivé je to kvůli vyhazovači. Po obou stranách jsou použity rozměrově shodné desky. Na straně pevné se mezi ně přesně vejde horká vtoková soustava a na straně pohyblivé se nabízí dostatečný prostor pro bezchybnou funkci vyhazovacího systému. Rozpěrné desky nesou katalogové označení P/043x296x56/1.1730.[19]. Mezera mezi nimi je široká 210 mm. Rozměr jedné části je 296x43x56mm. (obr. 6.6)[19]. Výrobce pro tuto část rámu nabízí dvě varianty materiálu, korozivzdornou tvrzenou ocel anebo ocel uhlíkovou. Vzhledem k tomu, že nejsou kladeny nároky na korozní odolnost formy a teplotní ovlivnění této její části není velké, je hospodárnější zvolit materiál levnější, tedy uhlíkovou ocel (tab. 6.4).



Uzavíracím článkem celé formy je upínací deska. Ta se nachází na straně pevné i pohyblivé. Obě jsou shodné a mají katalogové označení P/296x346x36/1.1730. [19] Rozměr desek je na dvou protilehlých stranách delší o 25 mm (obr. 6.7). Tento přesah slouží k uchycení formy na upínací desky stroje. Aby se zamezilo přestupu tepla z horkého rozvodu do upínací desky stroje, připevní se na upínací desku v nepohyblivé části izolační deska. Podle [31] byla vybrána izolační deska s označením Z 121/296 346/ 7.

Desky nejsou při dodání osazeny žádnými otvory. Ty se musí dodělat **OBR. 6.20 ROZPĚRNÁ DESKA A JEJÍ ROZLOŽENÍ PODLE KATALOGU HASCO [42]** dále. Jednotlivé výrobní výkresy výše zmíněných součástí se zakončenými otvory jsou v příloze této práce.



OBR. 6.21 UPÍNACÍ DESKY VE FINÁLNÍ PODOBĚ PO OBROBENÍ A) OTOČNÁ ČÁST FORMY B) PEVNÁ ČÁST FORMY

6.3.2 Vložky tvárníku a tvárnice

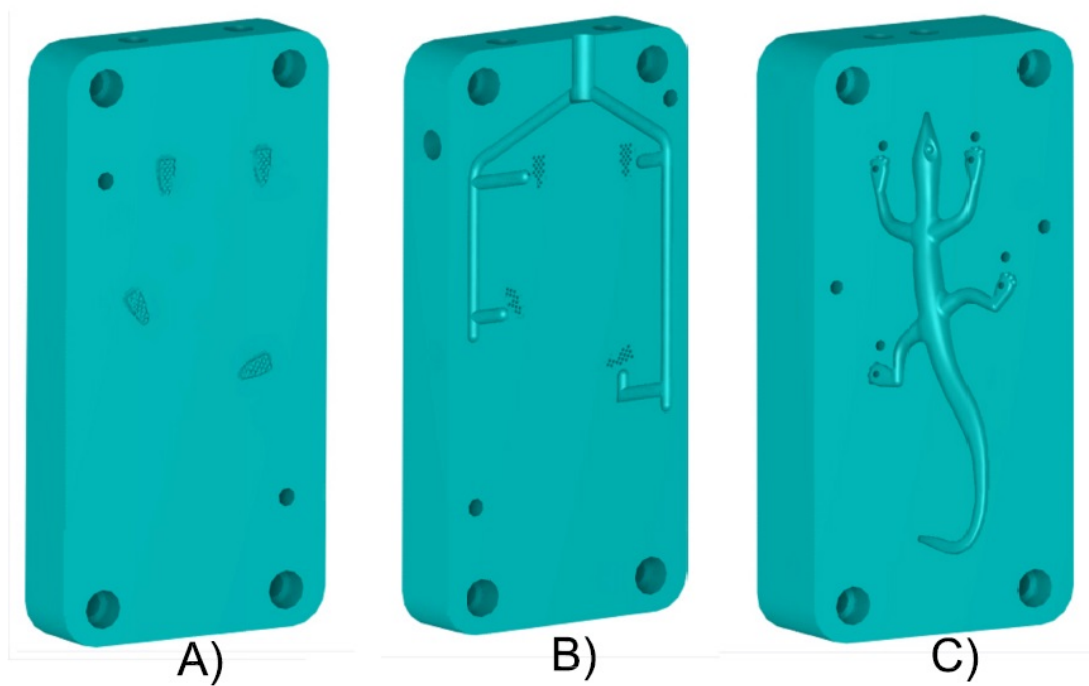
Při výrobě tvarové dutiny ve formě je možno postupovat více způsoby. Lze je zhotovit přímo do desek rámu formy anebo je možné tvarové dutiny vyrobit do vložek a ty pak vsadit do kotevních desek rámu formy. Právě druhý způsob byl použit i při návrhu této formy (obr. 6.8). Tento způsob je výrobně náročnější, přesto v sobě skrývá mnoho výhod. Je například možné zvolit kvalitnější materiál, protože je ho zapotřebí menší množství. V případě výměny vložek za tvarově odlišné je možné rám formy využívat pro výrobu jiného dílu, než pro který byla forma původně zkonstruována. Údržba, úprava nebo výměna vložky je snazší, než je tomu u samotné desky rámu s tvarovými dutinami.

Tvarové vložky v otočné části formy, tedy tvárnice, jsou dvě, a jak již bylo popsáno, jsou naprosto totožné z hlediska tvaru dutiny, polohy vyhazovacích kolíků, i temperačních kanálů. Jejich rozměr je 160x80x30mm a jsou zcela zapuštěny do kotevní desky otočné části formy. Vystředěny jsou pomocí dvou středících kolíků a uchyceny jsou za čtyři zapuštěné šrouby.

Tvarové dutiny v pevné části formy se nazývají tvárníky. Ty už nejsou totožného tvaru. Odlišné jsou jednak tvarem dutin, ale i rozmístěním temperačních kanálů. Největší odlišností je, že v jedné z vložek se nachází rozvodný kanál studené vtokové soustavy a v druhé je vyhřívaná tryska horkého rozvodu taveniny. Co do samotných rozměrů vložek, jsou opět obě shodné

160x80x20mm. Z rozměru je jasné, že jejich výška je menší než u vložek v otočné části, protože do nich není výrobek tolik zapuštěn jako u vložek v otočné části. Proto je zde možné zhotovit chladicí kanály stejných rozměrů jako v tvárnicích.

Materiál pro všechny vložky je doporučen M 261 EXTRA na základě tab. 6.5.[12]. Jedná se o ocel vhodnou pro konstrukci vložek. Není nutné ji dále tepelně zpracovávat, protože je dodávána již ve vytvrzeném stavu na přibližně 40 HRC. Ocel má vysokou tvrdost, dobrou leštitelnost, dobrou obrobitelnost a dobrou fotochemickou leptatelnost.



OBR. 6.22 A) TVÁRNÍK PRO PEVNOU ČÁST FORMY PRO PRVNÍ POZICI, B)TVÁRNÍK PRO DRUHOU POZICI PEVNÉ ČÁSTI FORMY, C) TVÁRNICE PRO OTOČNOU ČÁST FORMY

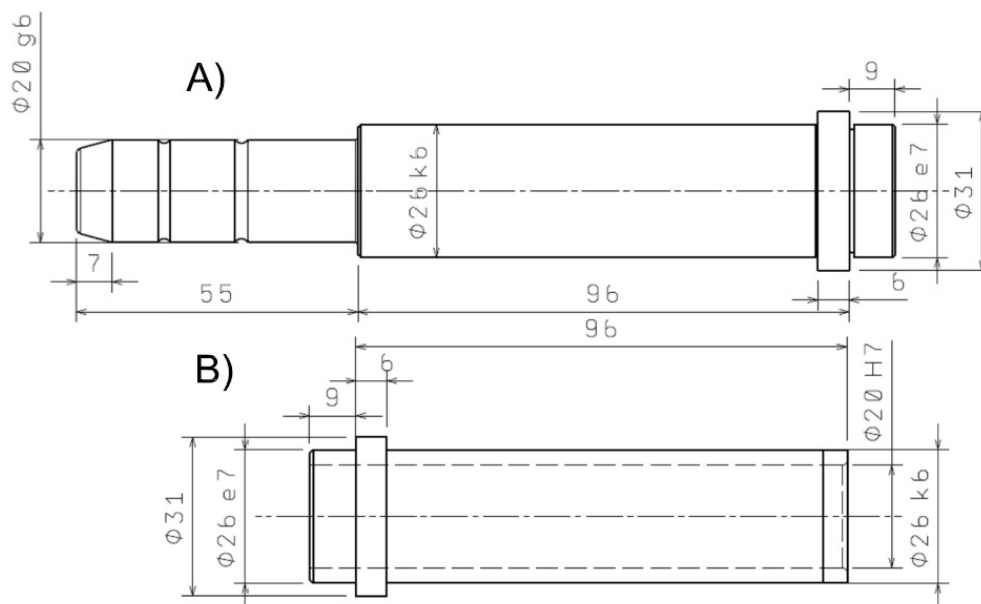
TAB. 6.12 VHODNOST OCELI PRO TVAROVÉ DUTINY FORMY [12]

Konstrukční část	Zvláštní požadavky Vysoká povrchová tvrdost, vysoká houževnatost	Označení	W. - Nr. <1.2764>	Pevnost - Tvrdost pevnost jádra 1200 - 1500 Mpa
Formy- vločky forem	Žádné tepelné zpracování, dobrá leštitelnost, dobrá ob- robitelnost, dobrá fotoche- mická leptatelnost (okolo 19 520), dobrá pevnost, vysoká houževnatost	ČSN 19 520	<1.2312>	cca 1000 Mpa
		M238	<1.2738>	cca 1000 Mpa
	Žádné tepelné zpracování (při dodání ve vytvrzeném stavu), vysoká tvrdost, dobrá lešti- telnost, dobrá obrobitelnost, dobrá fotochemická lepta- telnost	M 261 EXTRA	--	vytvrzené cca 40 HRC
		ČSN 19 655	<1.2767>	kalené a popouštěné cca 52 HRC
	Nejvyšší houževnatost, kali- telnost na vzduchu, dobrá pevnost v tahu	ČSN 19 554	<1.2344>	kalené a popouštěné cca 52 HRC, zušlech- těné 1000 - 1300 Mpa
		M 310 ISOPLAST	- 1.2083	kalené a popouštěné 53 - 56 HRC
	Vysoká korozivzdornost, vy- soká odolnost proti opo- třezení otěrem	M 300 ISOPLAST	-1.2316	kalené a popouštěné cca 1000 MPa
		M 340 ISOPLAST	--	kalené a popouštěné 53 - 58 HRC
Formy, vložky forem, závi- tovky	Vynikající korozivzdornost, velmi dobrá odolnost proti opotřezení otěrem, dobrá kalitelnost a vysoká tvrdost	M 390 MICROCLEAN	--	kalené a popouštěné 56 - 62 HRC
	Nejvyšší odolnost proti korozi a opotřezení otěrem			

6.3.2.1 Středění a upínání rámu formy

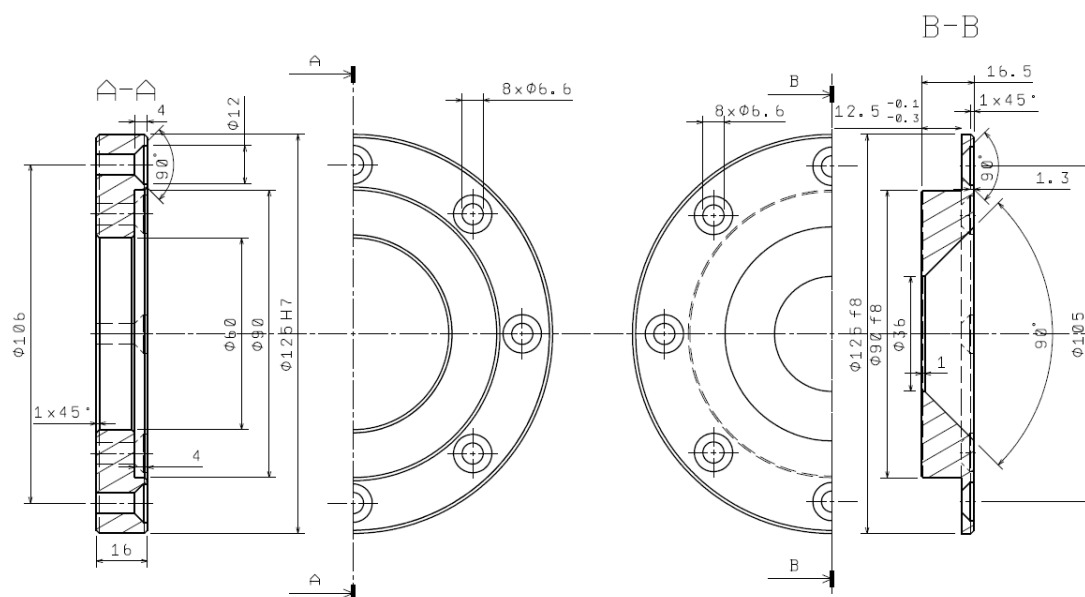
Středění jednotlivých desek rámu formy je vyřešeno pomocí čtyř vodících sloupků. Na nepohyblivé straně formy jsou ukotveny čepy a v pohyblivé jsou pouzdra. Podrobnou představu o tom dává obr. 6.9. Čep má katalogové označení Z00 /96/20 x 55 a pouzdro Z10/ 96/ 20 [46].

Ke středění jednotlivých částí formy vůči upínacím deskám stroje a k zajištění souososti vstřikovací trysky vůči formě jsou na upínací desky formy připojeny středící kroužky o $\varnothing$ 125 mm. Tento průměr je dán výrobcem stroje. Otvor v upínací desce má tolerovaný rozměr $\varnothing$ 125 f8. Kroužek v pevné části formy je opět normalizovaný díl a byl vybrán podle katalogu firmy HASCO pod označením K 100/125x16,5 (obr. 6.10). Uchycen je do upínací desky formy pomocí osmi šroubů. V pohyblivé části formy je nestavební kroužek, který je tvarem uzpůsoben tak, aby zapadl do otvoru v indexové desce. Uchycen je také pomocí osmi šroubů a jeho největší průměr je shodně s předešlým kroužkem 125 mm [46].

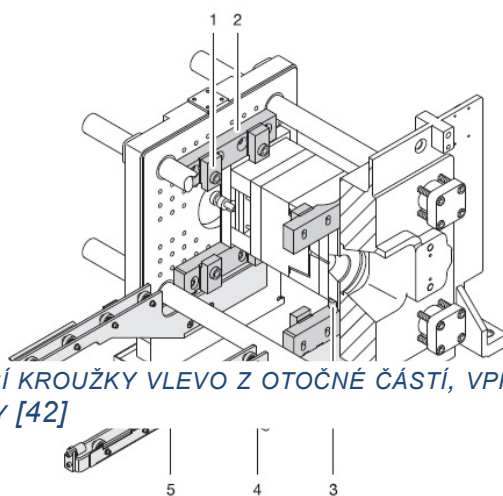


OBR. 6.23 A) VODÍCÍ SLOUPEK B) POUZDRO [42]

Pro samotné upínání formy na pohyblivou a pevnou desku stroje je doporučeno použít rychloupínací systém firmy Arburg.(obr 6.11)[25] Na upínací desky se upevní vodící lišty. Pomocí dvou odnímatelných suportů je forma vsunuta mezi desky. Jakmile je její poloha vůči vyhazovači správná, připevní se forma pomocí upínacích patek.



Pro přenos formy slouží dva šrouby s okem M10 DIN 580. Jeden se nachází na rozpěrné desce pohyblivé části a druhý na rozpěrné desce pevné části formy. Jejich únosnost je stanovena na 170 kg [32].



OBR. 6.10 STŘEDÍCÍ KROUŽKY VLEVO Z OTOČNÉ ČÁSTÍ, VPRAVO Z PEVNÉ ČÁSTI FORMY [42]

OBR. 6.11 RYCHLOUPÍNACÍ SYSTÉM: 1-UPÍNACÍ PATKY, 2- VODÍCÍ LIŠTA, 3- ARETAČNÍ ČEP, 4- PÁKA PRO ARETACI, 5- SUPORT FORMY [42]

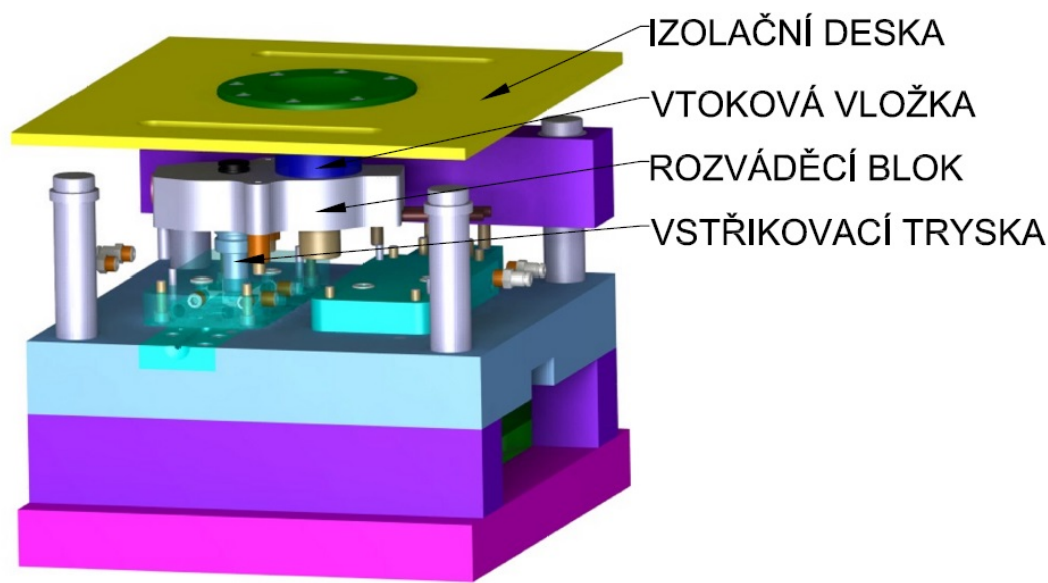
6.3.3 Vtoková soustava

Na formě se nachází dva druhy vtokové soustavy. Jak již bylo uvedeno, jednotlivé soustavy pracují současně, ale vždy každá pro jinou dutinu formy. U první pozice, kde se vstřikuje PC/ABS je připojena horká vtoková soustava, rozvod taveniny TPE do končetin probíhá pomocí studeného vtoku.

Horká vtoková soustava je složena z komponentů firmy Thermoplay. Systém je tvořen tryskou určenou pro přímé vstřikování, jednobodovým rozváděcím blokem bez uzavíracího mechanismu a vtokovou vložkou obr. 6.12.

Tryska byla zvolena pod označením F16036-A-1MD-JG [20], jehož první dvě čísla udávají vnější průměr trysky, další trojčíslí udává o délku trysky, písmeno A znamená, že tryska je vyhřívána vrchním vyhřívacím kabelem, následující číslo a dvě písmena označuje typ hrotu a poslední čísla znamenají, že je v trysce vestavěný termočlánek.

Vstřikovací tryska stroje není v jedné ose s vyhřívanou tryskou, jež vyústí do tvarové dutiny formy. Aby bylo možné do trysky taveninu přivést, je nutné použít rozváděcí desku (blok).



OBR. 6.12 VYHŘÍVANÁ VTOKOVÁ SOUSTAVA

Tryska je pouze jedna, proto bude rozváděcí blok jednonásobný. Konstrukční řešení bloků firmy Thermoplay nabízí mnoho výhod[21]. Vzdálenost os jednotlivých trysek je nastavitelná, rozváděcí desky jsou dodávány s krytem anebo bez krytu topného tělesa, a to v závislosti na druhu vstřikovaného plastu, rozměry kanálů je možné plně přizpůsobit rozměrům trysky. Základní rozměr vzdáleností os trysek je pro navrhovanou formu 53 mm. Na základě katalogového listu [22] je zvolen rozváděcí blok, který nabízí rozmezí os trysek od 50 do 60 mm. Označení bloku je E90311.

Poslední částí horké vtokové soustavy je vyhřívaná vtoková vložka. Ta je v přímém kontaktu se vstřikovací tryskou stroje. Uchycuje se pomocí čtyř šroubů k rozváděcí desce. Pro tuto horkou vtokovou soustavu byla zvolena objímka s označením E04842.[23] Aby nedošlo k vychýlení její polohy vůči vstřikovací trysce stroje, je mezi ní a středícím kroužek umístěna distanční podložka.

Z hlediska dimenzování vtokového kanálu se pro vyhřívání soustavy volí průměry kanálů větší než pro studený vtokový kanál. Je tomu proto, aby poklesl tlak v horkém rozvodu [16]. V této práci je volen kanál průměru 10mm. Důležité také je, aby jednotlivé součásti tohoto rozvodu na sebe plynule navazovaly a nevytvářela se tak místa, v kterých by se usazovala tavenina, jež by mohla delším pobytem v tomto rozvodu zdegradovat a poté se ve formě částíček dostávat do proudu taveniny.

Je nutné zajistit, aby kontakt komponentů, z kterých se vyhřívání vtoková soustava skládá, byl co nejmenší. Proto se jednotlivé části osazují do formy tak, aby jejich poloha byla pevně zajištěna, ale aby jejich kontakt byl přitom co nejmenší. Tryska je umístěna ve válcovém otvoru, který je o 1,5 mm větší než průměr trysky, aby se zmenšilo množství tepla přenesené vedením z trysky do tvárníku a kotevní desky. Protože ale u špičky trysky se dostává horká tavenina do kontaktu se stěnou tvárníku, jsou v něm přídavné chladicí kanály, ve kterých proudí voda a tvárník se tak ochlazuje. Ostatní komponenty rozvodu jsou izolovány pomocí vzduchové mezery. Samotná upínací deska, která může část tepla také přijmout, je od stroje izolována pomocí izolační desky.

Studená vtoková soustava u této formy slouží k zaplnění přísavek na každé ze čtyř končetin taveninou TPE. Protože se jedná o koncepci dvoudeskové formy, je třeba volit takové vtokové ústí, které umožňuje samovolné vyhození vtokového zbytku z formy. Proto bylo zvoleno tunelové ústí vtoku, které zajistí jednak plynulé plnění dutin, ale zároveň při otevření formy se samovolně od výstřiku oddělí a z formy odpadne. Podle doporučení výrobce bylo navrženo ústí vtoku o půlkruhovém průřezu s poloměrem 0,4 mm [28]

Průřez rozvodného kanálu je volen půlkruhový kvůli snadnější výrobě, ale především proto, že je zapotřebí, aby se tento rozvodný kanál nacházel pouze v pevné části formy. Půlkruhový kanál sice zhoršuje hydraulické poměry, ale plnění bylo ověřeno pomocí simulace jako bezproblémové. V [12] je uvedeno, že průřez kanálu se volí o 0,5 až 1 mm větší než průměr otvoru trysky vstřikovacího stroje nebo se volí tak, že největší průměr kanálu je větší o 1,5mm než je největší hloubka stěny výstřiku. Na základě přibližného výpočtu (3) (4) z [12] byl stanoven průřez kanálu následovně (tab. 6.6):

$$D_v = h + 1,5 \quad (3)$$

$$D = D_v \cdot K_v \cdot K_c \cdot K_p \quad (4)$$

TAB. 6.13 JEDNOTLIVÉ VELIČINY PRO STANOVENÍ PRŮŘEZU ROZVÁDĚCÍHO KANÁLU

Ozna- čení	význam	stanoveno pomocí	hodnota	jednotka
h	max. hloubka výstřiku	Catia	2,5	mm
D_v	velký průměr vtokového kanálu	vzorec (3)	4	mm
K_v	korekční součinitel vlastnosti plastu	Tab. 6.7	0,7	-
K_c	korekční součinitel délky rozváděcího kanálu	Tab. 6.8	1,3	-
K_p	korekční součinitel pro plněné polymery	tabulka	1	-
D	průměr rozváděcího kanálu	vzorec (4)	3,7	mm
ZVOLENÝ PRŮŘEZ KANÁLU			4	mm

TAB. 6.14 KOREKČNÍ SOUČINITEL VLASTNOSTI PLASTU K_v [12]

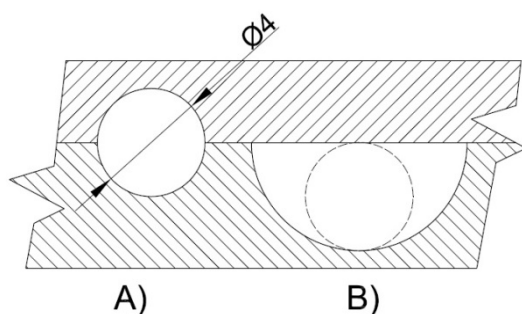
Plast	PE, PS	PP, hPS, PA	ABS, PBT	PC, POM, mPVC	PMMA, tPVC, FEP
K_v	0,4-0,6	1,5-0,8	0,6-0,8	0,7-0,9	0,8-1,0

TAB. 6.15 KOREKČNÍ SOUČINITEL DÉLKY ROZVÁDĚCÍHO KANÁLU K_c [12]

Délka kanálu [mm]	60	60-100	100-160	160-220	220-300	300-400
K_c	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

TAB. 6.16 KOREKČNÍ SOUČINITEL PRO PLNĚNÉ POLYMERY K_p [12]

Plnění polymeru [%]	0	16	30
K_p	1	1,1	1,2

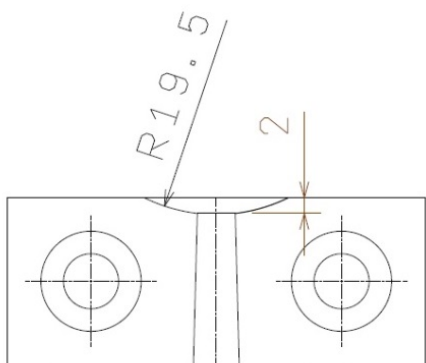


Podle
tohoto výpočtu
byl stanoven
průřez kruhovéo-
ho kanálu. Pro-

tože ale bude použit kanál půlkruhový, upraví se jeho průřez podle obr. (6.13).

OBR. 6.13 A) KRUHOVÝ
KANÁL B) ÚPRAVA NA
PŮLKRUHOVÝ Z
KRUHOVÉHO [12]

Hlavní vtokový kanál je volen kuželový s největším průměrem 8mm a na doporučení výrobce jde o kužel se stoupáním pod úhlem $1,5^\circ$. [28] Tento kužel na svém konci přechází do půlkruhového rozvodného kanálu. Tento vtokový kanál je zhotoven do vtokové vložky, která je dvoudílná, protože se vstříkuje přímo do dělicí roviny

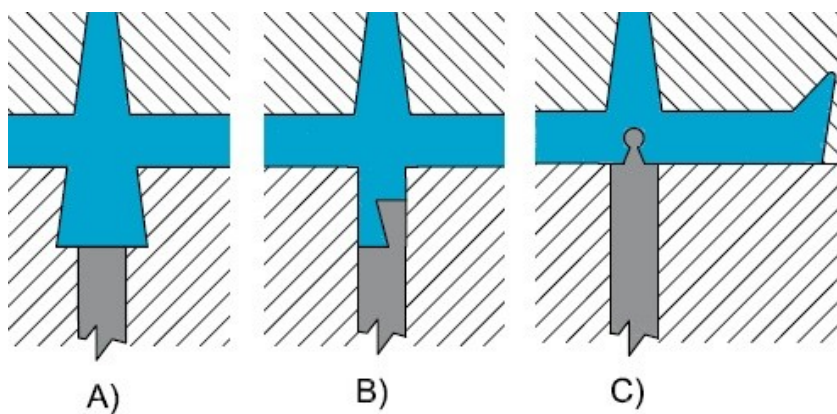


OBR. 6.14 DOSEDACÍ PLOCHA
VTOKOVÉ VLOŽKY PRO TRYSKU
STROJE [23]

formy. Každá její část je přichycena pomocí čtyř šroubů k příslušné kotevní desce. Dosedací plocha pro trysku stroje má rozměry uvedené na obr. 6.14.

Aby bylo možné celý vtokový zbytek z nepohyblivé části formy vyhodit, je zapotřebí pohyblivou část formy osadit vyhazovačem vtokového zbytku. Ze tří základních druhů byl podle obr. 6.15 vybrán typ B. Ten bude zapuštěn do pohyblivé

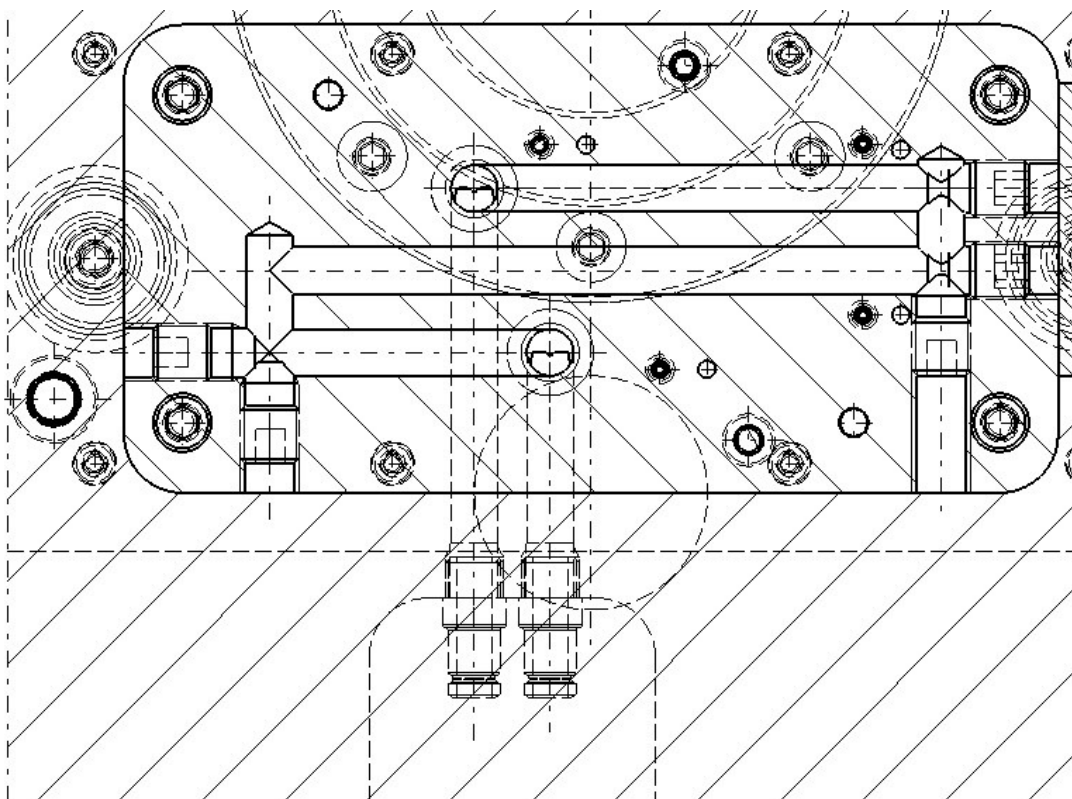
části formy. V praxi pak tavenina při vstřikování vyplní vtokový kanál a tvarové dutiny v nepohyblivé části formy a zároveň vyplní i tvarovou plochu na vyhazovači v pohyblivé části formy. Po otevření formy vtokový zbytek zůstane zaklíněn v pohyblivé části formy, dojde k jeho vytržení z kanálu a tunelových ústí vtoků v pevné části formy. Jakmile k tomu dojde, je v pohyblivé části formy uveden do chodu vyhazovací systém, který vyhodí hotový výrobek a zároveň i vtokový zbytek, který v ní doposud zůstával.



OBR. 6.15 PŘIDRŽOVAČE VTOKU [13]

6.3.4 Temperace formy

Temperace v navrhované formě bude mít čtyři základní okruhy. První a druhý bude situován v otočné části formy. Okruhy však nebudou společné a budou pracovat v rozdílném čase. Vždy bude aktivní ten okruh, který bude nutný pro chlazení první pozice, kde bude vstřikováno tělo ještěrky. Temperační kanály jsou svrtány pouze v tvarové vložce. Přívod a odvod pro chladicí médium je veden přes kotevní desku. Tvarové vložky mají rozmístění tempe-

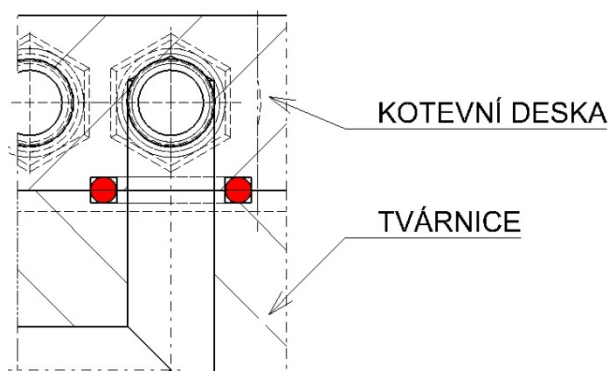


OBR. 6.16 ROZMÍSTĚNÍ CHLADÍCÍCH KANÁLŮ V TVÁRNICI

račních kanálů totožné. Přívody a odvody pro chladicí médium jsou umístěny vždy na nejbližším boku kotevní desky příslušné tvarové vložky. Chladicí kanály jsou zvoleny kruhového průřezu, podle tab. 6.10 byl zvolen pro kanál průměr 8 mm na základě váhy výstřiku, která je pro tělo ještěrky 4,4 g. Rozmístění kanálů bylo voleno tak, aby kanály byly umístěny co nejbližší tvarové dutině formy a zároveň tak, aby byl zajištěn intenzivní odvod tepla. Směr toku chladicího média byl volen tak, aby nejprve byla chlazena nejteplejší místa

směrem k nejstudenějšímu. V tvárnici jsou vyvrtány tři podélné kanály a dva spojovací kanály obr. 6.16.

Jejich rozmístění je také voleno s ohledem na vyhazovací kolíky a upevňovací otvory. Aby byl tok chladiva veden správným směrem, jsou v jednotlivých kanálech zátky, které nasměrují proud. Voda je přiváděna ze spodu tvárnice a stejně tak je i odváděna. Přechod mezi tvárnicí a kotevní



**OBR. 6.17 UTĚSNĚNÝ SPOJ
KANÁLŮ POMOCÍ O-KROUŽKU**

deskou je utěsněn pomocí o-kroužku. Při upevňování tvárnice do kotevní desky

dojde k jeho deformaci a vytvoří se tak nepropustný spoj. Podle [24] bylo zvoleno následující uložení (obr. 6.17). Vzdálenosti kanálů od dutiny formy a vzdálenost mezi nimi byla volena s přihlédnutím k tab. 6.11. Na základě simulace vstřikovacího cyklu těla ještěrky byla zjištěna doporučená teplota formy pro PC/ABS 85 °C. Celková doba chlazení byla podle programu Cad-mould stanovena na 46,1s.

TAB. 6.17 ORIENTAČNÍ HODNOTY PRŮŘEZU KANÁLU V ZÁVISLOSTI NA VELIKOSTI RÁMU FORMY A VÁŽE VÝSTŘIKU [12]

výstřik [g] rám [mm]	-	1	3	5	8	10	15	20	30	50
	1	3	5	8	10	15	20	30	50	100
160x160	6	6	6	6	6	8	8	8		
160x230		6	8	8	8	8	8	8	8	
230x230		8	8	8	8	8	8	8	8	8
230x300			8	8	8	8	8	8	8	8
300x300			8	8	8	8	8	8	8	8
300x370				8	8	8	8	8	8	8
370x370				8	8	8	8	8	8	8
370x440					8	8	8	8	8	8
440x440					8	8	8	8	8	10
440x510						8	8	8	10	10

510x510						8	8	8	10	10
510x650							8	8	10	10

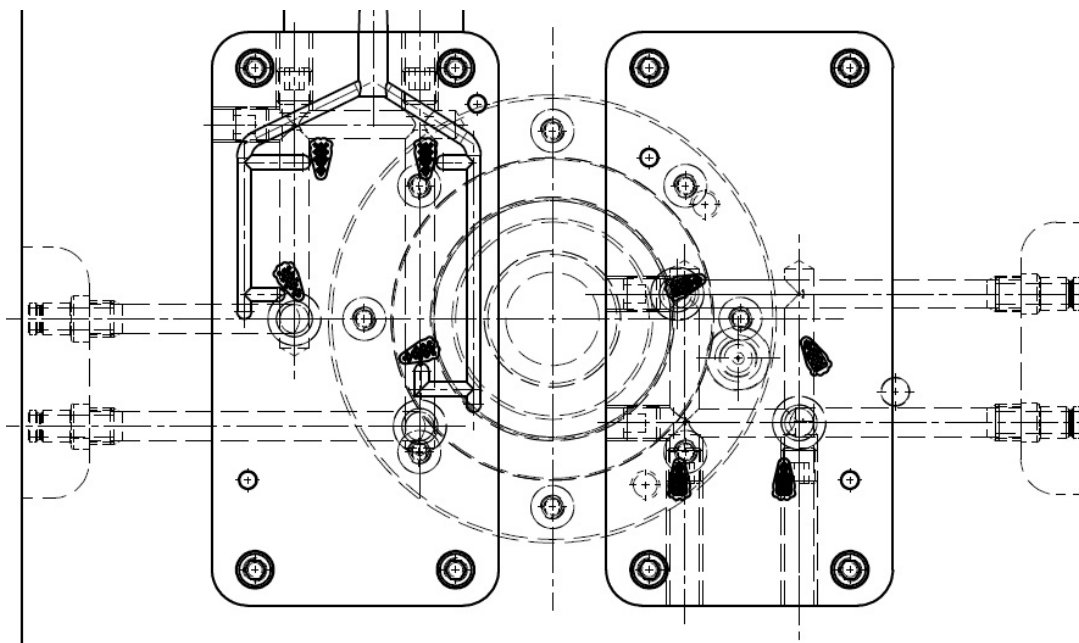
TAB. 6.18 VZDÁLENOST TEMPERAČNÍCH KANÁLŮ OD DUTINY FORMY [12]

ø d [mm]	6	8	10	12	14	16	18	20
s [mm]	4	6	8	12	15	20	25	30
t [mm]	10	14	17	20	24	27	30	34
b [mm]	4	6	7	8	10	11	12	14

V pevné části formy budou umístěny zbylé dva okruhy. Jeden bude chladit tvarovou a kotevní desku kvůli přítomnosti vyhřívané trysky. Druhý, který bude ve vedlejší tvarové vložce, bude sloužit pro temperaci přísavek ještěrky z TPE.

Chlazení tvárníku umístěného v pevné části formy v okolí horké trysky bude zajištěno chladicími kanály čtvercového uspořádání. Byl zvolen kanál o průměru 8 mm. Podle tab. 6.11 je umístěn 6 mm od trysky a zároveň i od vršku tvárníku. Přívod a odvod chladiva vede opět ze spodní strany tvárníku. Utěsnění spoje je provedeno opět o-kroužky.

Poslední temperační okruh ochlazuje přísavky v končetinách. Ty mají i spolu se vtokovým zbytkem váhu 3,2 g. Na základě tohoto údaje byl pro jejich chlazení zvolen kruhový kanál podle tab. 6.10 o průměru 8 mm. Rozmístění kanálů je na obr. 6.18. Celkového okruhu je opět docíleno pomocí zátek jako v předešlých případech. Vzdálenost kanálu od stěny tvárníku je zvolena opět podle tab. 6.11.



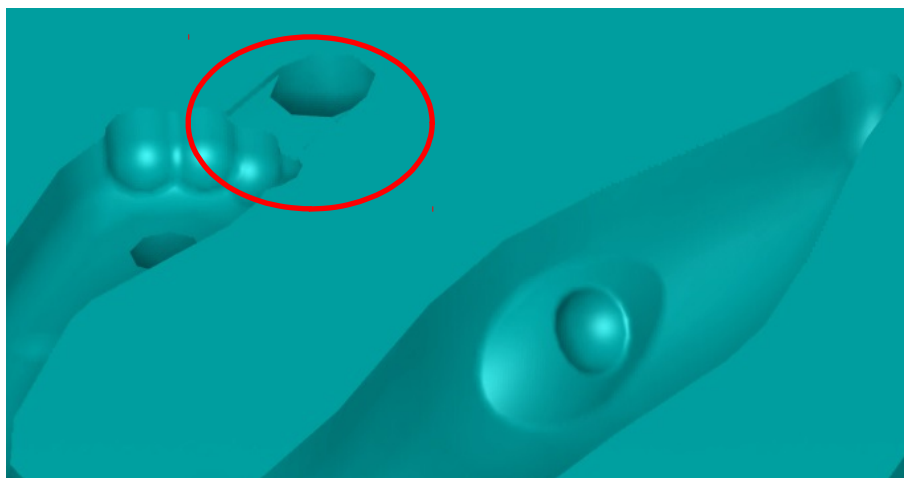
OBR. 6.18 CHLADÍCÍ KANÁLY TVÁRNÍKŮ V PEVNÉ ČÁSTI FORMY

Jednotlivé hadicové rychlospojky pro přívod chladícího média jsou zapuštěny do kotevní desky tak, aby je jednak bylo možné snadno spojovat, rozpojovat a zároveň, aby byly dostatečně chráněny před poškozením v případě manipulace s formou.

6.3.5 Odvzdušnění formy

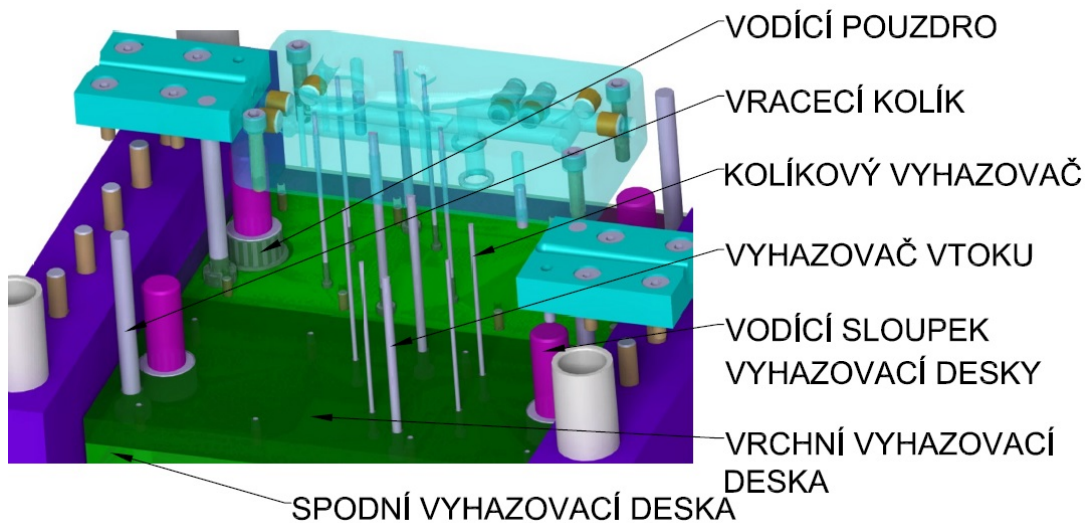
Aby se předešlo případným vadám na výstřiku v důsledku hromadění vzduchu, bude v kritických oblastech zkonstruováno dodatečné odvzdušnění. To se týká pozic, kde se bude vstříkovat PC/ABS i TPE. Odvzdušnění je možno zajistit dvěma způsoby. Lze využít přítomnosti vyhazovacího systému, kdy otvory pro vyhazovací kolíky budou mít nepatrně větší vůli nebo se nabízí druhá možnost, kdy v dělicí rovině budou do tvarové vložky zhotoveny drážky, které prostor dostatečně odvzdušní.

Podle [12] jsou pro tvárnici v pohyblivé části formy navrženy drážky 3mm široké. Ty budou do tvárnice zhotoveny broušením na konci všech končetin a budou vyúsťovat do otvoru, který prochází kotevní deskou i tvarovou vložkou. Podle [16] je pro PC/ABS doporučená hloubka drážek od 0,02 do 0,05 mm. Zvolena hloubka drážky bude 0,02 mm. V případě potřeby bude možné tuto drážku prohloubit. Rozmístění jednotlivých odvzdušňovacích kanálků je na obr. 6.19.



OBR. 6.19 ODVZDUŠNĚNÍ KONČETIN

všech součástí vyhazovacího systému jsou v příloze této práce.



7 Doporučení pro výrobu

Pro navrhované prvky formy byl v práci také navržen materiál, ze kterého by se jednotlivé součásti měly vyrobit. Návrh materiálu bere v úvahu ekonomické, mechanické, korozní a zpracovatelské požadavky a je pouze orientační. V budoucnu, při případné realizaci formy, může být pro některé prvky změněn podle potřeby. To se týká především rámu formy. Ten je v této práci navržen z oceli, ale bylo by možné vyrobit ho z neželezných kovů, ovšem za cenu snížení jeho životnosti.

Na vybraných plochách, přesněji na přísavkách z TPE na spodních částech končetin ještěrky, bude vyroben bionický reliéf. Tento reliéf se vyrobí do tvarové vložky. Základním požadavkem je, aby daný povrch byl dostatečně drsný, což lze splnit technikou „top-down“, u které je odebírán povrch materiálu technologií jako fotolitografie, leptání, elektrojiskrové obrábění. [33]

Pro samotnou výrobu dílu jsou dána následující doporučení. Protože budou zpracovávány dva materiály, jejichž vlastnosti jsou odlišné, je vyžadován i odlišný způsob přípravy polotovaru. Granulát polymerní směsi PC/ABS smí obsahovat maximálně 0,02% vlhkosti, proto je nutné jej nejprve vysušit tab. 7.1.

TAB. 7.19 ZÁKLADNÍ DOPORUČENÉ TECHNOLOGICKÉ PARAMETRY [29] [30] [42]

Sušení		
	teplota [C°]	výdrž [hod.]
PC/ABS BAYBLEND T65 AT	100 - 110	2 až 4
TPE TM3MED	60 - 80	2 až 4
Doporučená teplota taveniny		
PC/ABS BAYBLEND T65 AT	250 - 280 C°	
TPE TM3MED	180 - 220 C°	
Teplota formy		
PC/ABS BAYBLEND T65 AT	70 - 100 C°	
TPE TM3MED	25 - 40 C°	

V případě dvoukomponentního vstřikování je nutno v jednom kroku připravit taveninu dvou materiálů. Každý materiál je však připraven v jiné plastikační jednotce. Tavenina PC/ABC je připravována v plastikační jednotce kol-

mé na dělicí rovinu. Množství taveniny potřebné pro výrobu těla ještěrky je shodné přímo s jeho objemu, protože je použito horkého rozvodu, který má bodové ústí. Doporučená teplota taveniny a formy je uvedena v tab. 7.1.

Druhý komponent, TPE, bude připraven ve vertikální vstřikovací jednotce a vstřikování bude probíhat z vrchu do dělicí roviny. Množství zplastikovaného materiálu odpovídá objemu čtyř přísavek ještěrky a studené vtokové soustavy. Část tohoto materiálu bude z procesu odcházet jako odpad. Doporučená teplota taveniny a formy tab. 7.1.

Přesné technologické parametry bude možné stanovit až ve fázi odlaďování formy. Momentálně jsou tyto hodnoty stanoveny na základě doporučení příslušných výrobců jednotlivých materiálů a jde tedy spíše o jejich odhad. Nyní je také prakticky nemožné přesně určit, jak se budou jednotlivé taveniny při plnění dutiny chovat a k jakým vadám a komplikacím bude docházet. Těm, které jsou předvídatelné, byla snaha předejít.

8 Závěr

Základním cílem této diplomové práce bylo navrhnout konstrukci formy, pro využití technologie dvoukomponentního (2K) vstřikování. K úkolu bylo přistupováno tak, aby forma dle této práce mohla být skutečně vyrobena a ke svému účelu prakticky využita. Díl, který je možno ve formě podle tohoto návrhu vyrobit, má tvar ještěrky, jejíž tělo je tvořeno tvrdým termoplastem a na spodní straně končetin jsou zapuštěny válcové výstupky z měkkého termoplastického elastomeru. Bylo vzato v úvahu několik možností, jak upravit kontaktní plochy těchto materiálů, a byla vybrána nejpříjemnější varianta, která je kompromisem mezi ekonomickým a pevnostním hlediskem.

Aby se co nejvíce předešlo problémům s formou v budoucnu, bylo vstřikování jednotlivých materiálů odsimulováno pomocí simulačního programu CADMOULD. U obou navržených materiálů simulace vstřikování dopadla pozitivně a dostatečně bylo ověřeno, že navržený design bude možné ve skutečnosti vyrobit.

Forma pro dvoukomponentní vstřikování byla navržena s přihlédnutím k teoretickým poznatkům o tomto speciálním způsobu vstřikování a zo-

hledněn byl i navržený model dílu. Nejvhodnější variantou je dvoudesková forma s pohyblivou částí otočnou kolem horizontální osy. Celý návrh formy byl zcela uzpůsoben pro stroj Allrounder 520 S od firmy ARGURG, který je k dispozici v laboratořích Katedry strojírenské technologie Technické univerzity v Liberci.

Na základě teorie týkající se vstřikovacích forem byl pomocí konstrukčního programu Catia vytvořen trojrozměrný model formy. Při konstrukci bylo maximálně využito stavebnicových prvků forem firmy HASCO a THERMOPLAY. Samotný rám formy, středící a vyhazovací prvky jsou vybrány podle katalogu první zmíněné firmy. Protože při výrobě se vstřikují dva materiály současně, nachází se ve formě dva druhy vtokových soustav. Pro vstřikování těla ještěrky z PC/ABS je navržena vyhřívaná vtoková soustava a pro přísavky studená vtoková soustava. Jednotlivé prvky vyhřívané vtokové soustavy byly vybrány na základě katalogu firmy THERMOPLAY.

Jednotlivé části použité na vstřikovací formu byly podle potřeby upraveny. Jedná se především o jednotlivé desky rámu formy. Je navrhováno je osadit středícími kroužky, vodícími sloupky, otvory pro tvarové vložky, vyhazovacími prvky, šrouby pro spojení jednotlivých desek a vyvrtat temperační kanály. Tvárník a tvárnice, ve tvaru negativu těla ještěrky, tvoří tvarové vložky, které budou uchyceny do kotevních desek rámu formy. Rozměry vyhazovacích prvků byly také přizpůsobeny tvarovým dutinám formy.

Součástí této práce je i výkresová dokumentace, která se skládá ze sestavy navrhované vstřikovací formy i jednotlivých součástí jako jsou: desky rámu, středící prvky, tvarové vložky, součásti vyhazovacího systému, vtokové vložky.

Použité zdroje

- [1] Historie a rozvoj vstřikování plastů v ČR [online].[19.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.mmspektrum.com>>
- [2] A Short History of Injection Moulding [online].[19.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.avplastics.co.uk/a-short-history-of-injection-moulding>>
- [3] Plasty, chemie a ochrana životního prostředí [online].[20.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://technik.ihned.cz>>
- [4] LENFELD,P.Technologie II.-2.část (Zpracování plastů). Skripta.1.vydání. Liberec:TUL 2005. ISBN 80-7372-020-5
- [5] GOODSHIP,V.Practical Guide to Injection Moulding,Shawbury UK:2004. ISBN 1-85957-444-0
- [6] KREBS,J.Teorie zpracování nekovových material. Skripta.3.vydání.Liberec:TUL 2006. ISBN 80-7372-133-3
- [7] Engel combimelt [online].[19.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.engelglobal.com>>
- [8] Arburg multi-component [online].[19.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.arburg.com>>
- [9] Cube it [online].[19.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://search.proquest.com>>
- [10] K-TEC 2007 [online].[2.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.ferromatik.com>>
- [11] New concept for multiblok [online].[19.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.boucherie.com>>
- [12] GREŠKOVIČ,F.,SPIŠÁK,E.,DULEBOVÁ,L.,VARGA,J. ,FABIAN,M.Nástroje na spracovanie plastov-vstrekovacie formy. Skripta: Sjf TU v Košiciach 2010. ISBN 978-80-553-0350-5
- [13] Tvářecí nástroje-vstřikovací formy [online].[16.12.2012]. Dostupný z WWW:< <http://ust.fme.vutbr.cz>>
- [14] ŠAFAŘÍK,M.Nástroje pro tváření kovů a plastů. Skripta.1.vydání.Liberec:Vysoká škola strojní a textilní v Liberci 1987.
- [15] Lindner,E.,Unger,P.Injection Molds 130 Proven Designs.3.vydání.Mnichov:Hanser 2002 ISBN 3-446-21448-8
- [16] Part and Mold Design [online].[16.3.2013]. Dostupný z WWW:< http://ricaube.ep.profweb.qc.ca/Les_polymeres_en_design_industriel/References_files/Part%20and%20Mold%20Design.pdf>
- [17] Cadmould 3D-F [online].[21.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://cad-mould.cz>>
- [18] 3D nástroj pro simulaci vstřikování plastů [online].[21.3.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.mmspektrum.com/>>
- [19] P-standards [online].[14.5.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.has-coshop.com/hascoshop/general/action/setframes.php?lan=2&nAction=2209@47>>

- [20] F11_16 [online].[12.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.thermoplay.it> >
- [21] Products- manifolds [online].[12.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.thermoplay.it> >
- [22] 1 bod bez uzavíracího mechanismu [online].[12.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.thermoplay.it> >
- [23] 3-4_Bush [online].[12.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.thermoplay.it> >
- [24] REES,H.Mold Engineering,Mnichov :1995. ISBN 1-56990-131-7
- [25] Výměna formy [online].[22.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.arburg.com>>
- [26] Screwdriver pdf [online].[22.4.2013]. Dostupný z WWW:< http://www.-toolreviews.ca/reviews_hand_tools/Wera_RA/Wera_800.jpg>
- [27] 2K_haftung_engl_146.pdf [online].[22.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.kraiburg-tpe.com>>
- [28] Termoplast-M [online].[22.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.kraiburg-tpe.com>>
- [29] 2K_werkzeug_engl_158.pdf [online].[22.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.kraiburg-tpe.com>>
- [30] Bayblend T65 AT [online].[1.5.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.http://www.materialdatacenter.com>>
- [31] TM3MED [online].[1.5.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.http://www.catalog.ides.com>>
- [32] Z121_1212_1213 DGBF-6-.pdf [online].[4.5.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.hasco.com>>
- [33] Šroub s okem DIN 580 [online].[16.5.2013]. Dostupný z WWW:< <http://http://www.2ts.cz/zbozi/sroub-s-okem-din-580>>
- [34] KROISOVÁ Dora: Nekomové materiály, Přednáška č. 13: Přírodní materiály, Katedra materiálu, TUL – FS, [online]. [5.5 2013]. Dostupný z www: < http://www.techno-mat.cz/data/katedry/kmt/KMT_NEM_PR_13_CZE_Kroisova_Prirodni_materi-aly.pdp >.
- [35] 2k moulds [online].[10.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://http://http://www.rico.at/en/technology?item=44>>
- [36] Productivity gains in multicomponent technology[online].[10.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.tepro.com.tr/eng/haber.asp?hid=73>>
- [37] Combimould [online].[10.4.2013]. Dostupný z WWW:< http://www.wittmann-group.com/uploads/tx_templavoila/Combimould_drilling_machine_2010-08_03.jpg>
- [38] Tooth brushes [online].[10.4.2013]. Dostupný z WWW:< <http://www.blogcdn.com/www.stylelist.com/media/2013/03/toothbrushes-non-surgical-1400km031413.jpg>>
- [39] Hot Runner Technology[online].[4.4.2013]. Dostupný z WWW:< http://www.moldhotrunnersolutions.com/MHS_Terminology.pdf>
- [40] Mold Making[online].[21.4.2013]. Dostupný z WWW:< http://zahoransky.com/formenbau/form_verpack/f_v_spritzgiess.cfm>

ot_id=15&o_id=107&c_name=centercontent&method=display&from_=
%2Fformenbau%2Fform_verpack%2Ff_v_spritzgiess.cfm
%3F&container_mode=detail>

[41] Products, injection mold technology[online].[21.4.2013]. Dostupný z
WWW:< http://www.boucherie.com/en/detail_realisations_385.aspx>

[42] Adhering to surfaces without glue [online].[14.5.2013]. Dostupný z
WWW:< [http://www.bio-pro.de/magazin/thema/00172/index.html?
lang=en&artikelid=/artikel/03049/index.html](http://www.bio-pro.de/magazin/thema/00172/index.html?lang=en&artikelid=/artikel/03049/index.html)>

[43] Bayblend T65 and T85 [online].[14.5.2013]. Dostupný z WWW:<
[http://plastics.bayer.com/plastics/emea/en/markets/automotive/docId-
4724336/PCS-3005_en_-_Bayblend_T65_and_T85.pdf](http://plastics.bayer.com/plastics/emea/en/markets/automotive/docId-4724336/PCS-3005_en_-_Bayblend_T65_and_T85.pdf)>

[44] Plastic Tech Center [online].[14.5.2013]. Dostupný z WWW:<
<https://plastics.bayer.com/plastics/emea/en/weblogin.jsp>>

[45] Test report TM3MED [online].[14.5.2013]. Dostupný z WWW:<
http://www.kraiburg-tpe.com/en/products/new-product-database?c_id=5502>

[46] K-katalog [online] [14.5.2013]. Dostupný z WWW:< [http://
http://www.hasco.com/de/Produkte/Normalien/K-Normalien](http://http://www.hasco.com/de/Produkte/Normalien/K-Normalien)>

Seznam příloh

1)	Vyhřívaná vtoková vložka	
2)	Vyhřívaná vstřikovací tryska	
3)	Vyhřívaný rozváděcí blok	
4)	Sestava 2K forma	KSP-TP-S01-A1
5)	Kotevní deska 1	KSP-TP-S01-01
6)	Kotevní deska 2	KSP-TP-S01-02
7)	Rozpěrná deska	KSP-TP-S01-03
8)	Rozpěrná deska 2	KSP-TP-S01-04
9)	Upínací deska 1	KSP-TP-S01-05
10)	Upínací deska 2	KSP-TP-S01-06
11)	Horní vyhazovací deska	KSP-TP-S01-07
12)	Spodní vyhazovací deska	KSP-TP-S01-08
13)	Tvárník 1	KSP-TP-S01-09
14)	Tvárník 2	KSP-TP-S01-10
15)	Tvárnice	KSP-TP-S01-11
16)	Vtoková vložka 1	KSP-TP-S01-12
17)	Vtoková vložka 2	KSP-TP-S01-13
18)	Vodící sloupek vyhazovače	KSP-TP-S01-14
19)	Vodící pouzdro vyhazovače	KSP-TP-S01-15
20)	Vymezovací kroužek	KSP-TP-S01-16
21)	Přidržovač vtoku	KSP-TP-S01-17
22)	Vyhazovací kolík	KSP-TP-S01-18
23)	Vracecí kolík	KSP-TP-S01-19
24)	Středící kroužek 1	KSP-TP-S01-20
25)	Středící kroužek 2	KSP-TP-S01-21
26)	Izolační deska	KSP-TP-S01-22
27)	Vodící sloupek formy	
28)	Vodící pouzdro	
29)	Středící kroužek	

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 24. května 2013

.....
Bc. Ondřej Šorf

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date: 24. May 2013

.....

Bc. Ondřej Šorf

PŘÍLOHA Č.1- VYHŘÍVANÁ VTKOVÁ VLOŽKA

ACCESSORIES / ZUBEHÖR

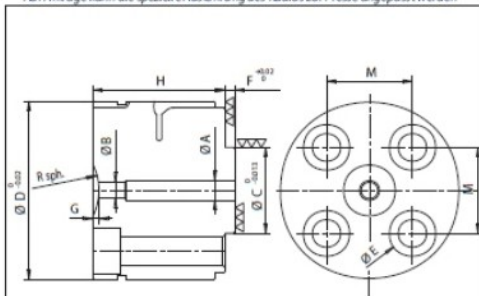


• INJECTION BUSHING / ANGIESSBUCHSE

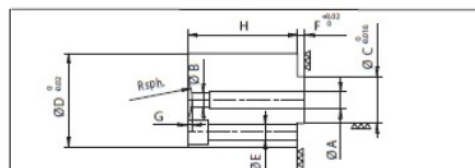
Material / Material: Steel / Stahl HRc 50-52

Execution of pairing with special nozzle press, on request

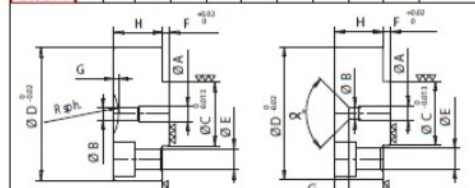
Auf Anfrage kann die spezielle Ausführung des Radius zur Presse angepasst werden



Code	A	B	R	C	D	E	F	G	H	M	Heater Heating	Thermocouple Thermofühler
E09065	6											
E09066	8	5										
E09067	10		0									
E09068	12	7										
E09069	15	8										
E09070	6											
E09071	8	5										
E09072	10		1/2"									
E09073	12	7										
E09074	15	8										
E09075	6			26	54	85	4x	3	40	26	E09053	E07033
E09076	8	5										
E09077	10		19.5									
E09078	12	7										
E09079	15	8										
E09080	6											
E09081	8	5										
E09082	10		40									
E09083	12	7										
E09084	15	8										
E09125	8	5										
E09126	10		0									
E09127	12	7										
E09128	15	8										
E09130	8	5										
E09131	10		1/2"									
E09132	12	7										
E09133	15	8										
E09135	8	5		26	54	85	4x	3	60	26	E09056	E05505
E09136	10		19.5									
E09137	12	7										
E09138	15	8										
E09140	8	5										
E09141	10		40									
E09142	12	7										
E09143	15	8										
E09185	10	5										
E09186	12	7	0									
E09187	15	8										
E09190	10	5										
E09191	12	7	1/2"									
E09192	15	8										
E09195	10	5		26	54	85	4x	3	84	26	E09059	E05505
E09196	12	7	19.5									
E09197	15	8										
E09200	10	5										
E09201	12	7	40									
E09202	15	8										

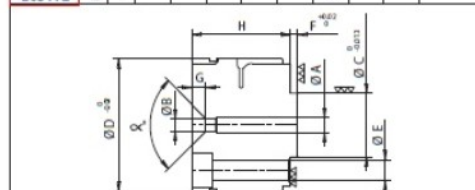


Code	A	B	R	C	D	E	F	G	H	M	Heater Rating
E05272	20	8	0	34	68	Ø 11	5	3	80	33	E05297
E05273			19.5			4x					
E05274			40			M10X80					



Code	A	B	R	C	D	E	F	G	H	M	Heater Heating
E04840	6										
E04841	8	5									
E04842	10		0								
E04843	12	7									
E05107	15	8									
E05099	6										
E05101	8	5									
E05110	10		1/2"								
E05111	12	7									
E05108	15	8									
E04844	6			26	54	8.5	4x	3	22	26	
E04845	8	5									
E04846	10		19.5								
E04847	12	7									
E05109	15	8									
E04848	6										
E04849	8	5									
E04850	10		40								
E04851	12	7									
E17300	15	8									

Code	A	B	α°	C	D	E	F	G	H	M	Heater Heating
E04852	6										
E04853	8	5									
E04854	10		90	26	54	8.5	4x	3	7.5	22	26
E05112	12	7									



Code	A	B	α°	C	D	E	F	G	H	M	Heater Heating	Thermocouple Thermofühler
E09085	6											
E09086	8	5										
E09087	10											
E09088	12	7										
E17729	15	8										
E09145	8		90°	26	54	8.5	4x	3	7.5	40	E09053	E07033
E09146	10	5										
E09147	12	7										
E17730	15	8										
E09205	10	5										
E09206	12	7										
E17731	15	8										

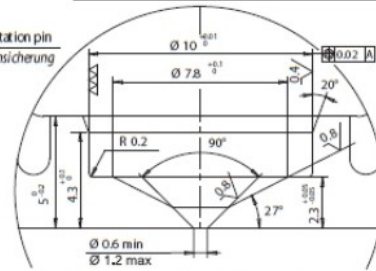
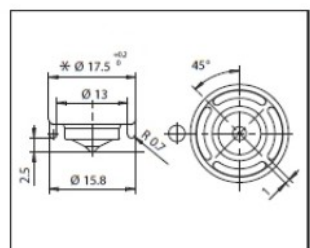
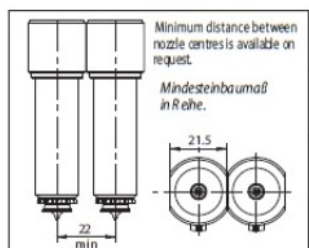
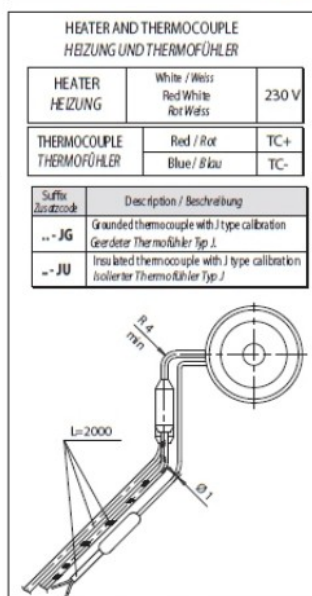
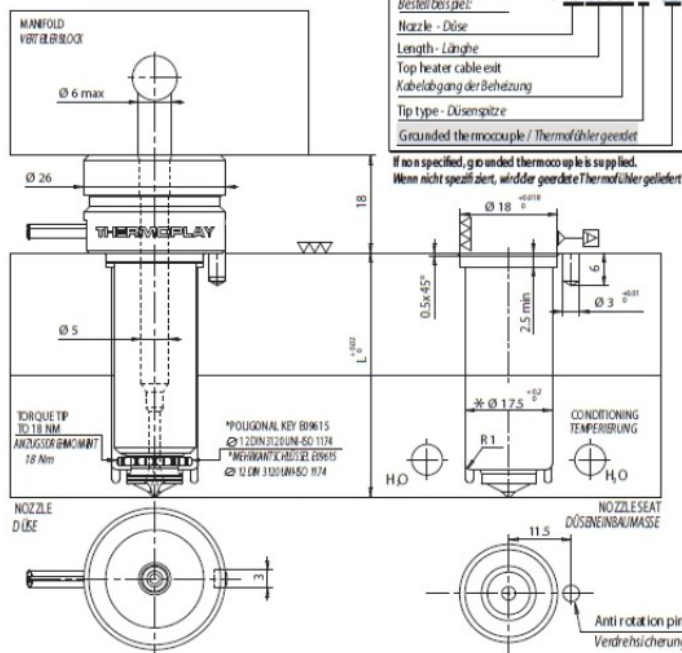
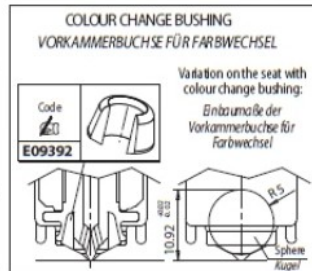
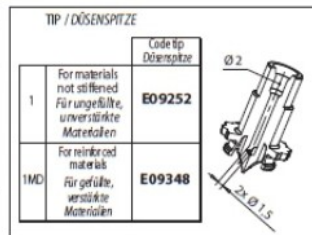
PŘÍLOHA Č.2- VYHŘÍVANÁ TRYSKA

TYPE / TYP F1 Ø 16 mm



• NOZZLES FOR MULTICAVITY MOLDS / DÜSEN IN VERBINDUNG MIT EINEM VERTEILERBLOCK

Nozzle code / Düse		L	Heater code Heizung	Watt	Thermocouple / Thermofühler	
with tip / mit Düsenspitze E09252	with tip / mit Düsenspitze E09348				grounded geerdet	insulated isoliert
F16036-A-1-...	F16036-A-1MD-...	36	E09394	200	E05302-F16	E16027-F16
F16046-A-1-...	F16046-A-1MD-...	46	E09395	200		
F16056-A-1-...	F16056-A-1MD-...	56	E09310	200		
F16066-A-1-...	F16066-A-1MD-...	66	E09311	200		
F16076-A-1-...	F16076-A-1MD-...	76	E09312	200		
F16086-A-1-...	F16086-A-1MD-...	86	E09313	200	E05504-F16	E16029-F16
F16096-A-1-...	F16096-A-1MD-...	96	E09314	200		
F16106-A-1-...	F16106-A-1MD-...	106	E09315	200		
F16116-A-1-...	F16116-A-1MD-...	116	E09316	200		
F16126-A-1-...	F16126-A-1MD-...	126	E09317	200		
F16136-A-1-...	F16136-A-1MD-...	136	E09318	220	E05917-F16	E16030-F16
F16146-A-1-...	F16146-A-1MD-...	146	E09319	220		
F16156-A-1-...	F16156-A-1MD-...	156	E09320	220		
F16166-A-1-...	F16166-A-1MD-...	166	E09321	220		
F16176-A-1-...	F16176-A-1MD-...	176	E09322	235		
F16186-A-1-...	F16186-A-1MD-...	186	E09323	235	E05913-F16	E16031-F16
F16196-A-1-...	F16196-A-1MD-...	196	E09324	235		
F16206-A-1-...	F16206-A-1MD-...	206	E09325	235		



Ø 16 can be machined on confirmation from the Thermoplay technical department.
Ø nach Rückfrage mit der techn. Abteilung ist eine Ausführung mit Ø16 möglich

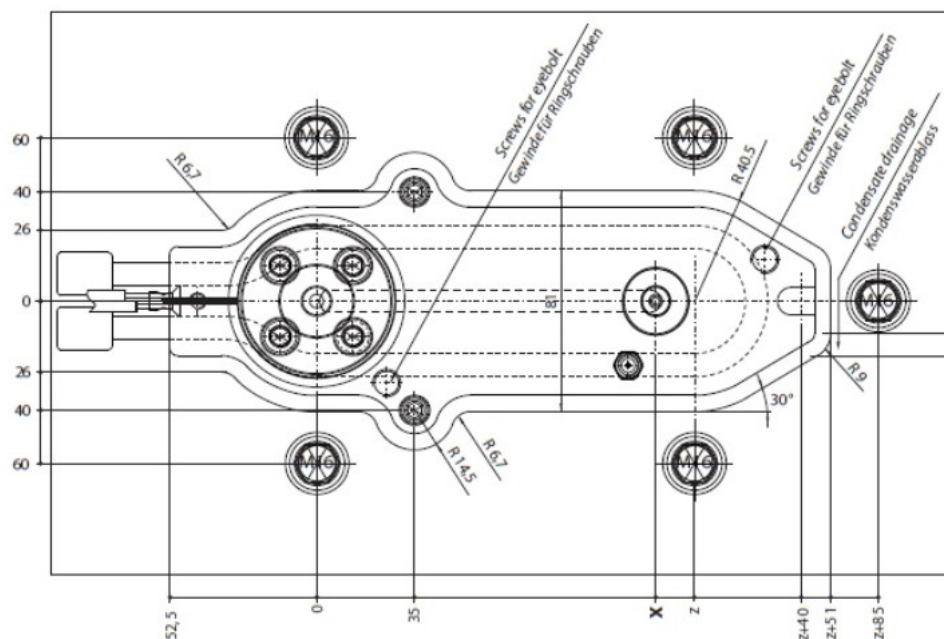
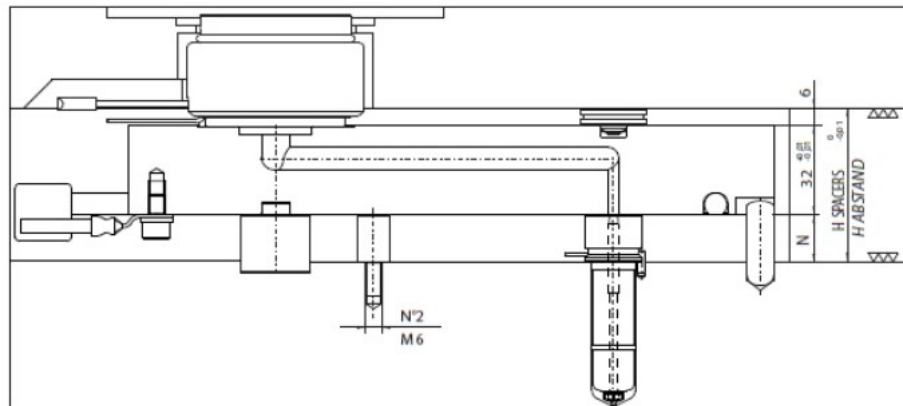
Gate diameter is approximate and could vary depending on injected volume and part wall thickness.
Der Durchmesser steht in Abhängigkeit des Volumens und der Materialstärke des Bauteils.

PŘÍLOHA Č.3- VYHŘÍVANÝ ROZVÁDĚCÍ BLOK

ELS SERIES 1 DROP / HEISSKANALSERIE ELS 1-FACH



CONFIGURABLE SYSTEMS KONFIGURIERBARE HEISSKANALSYSTEME



x = relative dimension to the position of nozzles / bezüglich der Position der Düsen

z = relative dimension to the external shape of manifold / bezüglich des äußeren Randes des Verteilers

$$H \text{ Spacers / Abstands} = (N + 32 + 6) + [(N + 32 + 6) \cdot \Delta T \cdot k] - 0.05 \text{ mm}$$

N = nozzle head / Abstand

ΔT = Temperature difference between the hot runner and the mould / Temperaturunterschied zwischen dem Heisskanal und dem Werkzeug.

K = Steel thermal expansion coefficient / Wärmeausdehnungskoeffizient für Stahles (= 0.000125)



CONFIGURABLE SYSTEMS KONFIGURIERBARE HEISSKANALSYSTEME

Manifold / Verteilertack			Heater / Heizung						Thermocouple Thermofühler		
CODE 	Nozzle c/c Stichmaß	Thermocouple type Thermofühler	Heaters not armored Nicht gepanzerte Widerstände			* Armored heaters Gepanzerte Widerstände			grounded geerdeter	insulated isoliert	Qty / Menge
			CODE 	Power Leistung der Heizung [W]	Q.ty Menge	CODE 	Power Leistung der Heizung [W]	Q.ty Menge			
E90311	50 < x ≤ 60	JG / JU	TS056	1300	1	TS056	1300	1	E06145	E16058	1
E90312	60 < x ≤ 70		TS001	1200		TS001	1200				
E90313	70 < x ≤ 80		TS002	1200		TS002	1200				
E90314	80 < x ≤ 90		TS076	800		TS052	1300				
E90315	90 < x ≤ 100		TS077	800		TS045	1400				
E90316	100 < x ≤ 110		TS078	900		TS004	1800				
E90317	110 < x ≤ 120		TS079	900		TS058	1900				
E90318	120 < x ≤ 130		TS003	1300		TS003	1300				
E90319	130 < x ≤ 140		TS080	1000		TS047	1500				
E90320	140 < x ≤ 150		TS081	1000		TS059	2100				
E90321	150 < x ≤ 160		TS082	1100		TS007	2400				
E90322	160 < x ≤ 170		TS083	1100		TS060	2200				
E90323	170 < x ≤ 180		TS084	1200		TS008	2400				
E90324	180 < x ≤ 190		TS085	1200		TS046	2200				
E90325	190 < x ≤ 200		TS086	1400		TS146	2000				
E90326	200 < x ≤ 210		TS087	1500		TS146	2000				
E90327	210 < x ≤ 220		TS088	1600		TS011	2700				
E90328	220 < x ≤ 230		TS089	1600		TS050	2500				
E90329	230 < x ≤ 240		TS090	1700		TS012	2500				
E90330	240 < x ≤ 250		TS091	1700		TS062	2500				
E90331	250 < x ≤ 260		TS092	1800		TS063	2700				
E90332	260 < x ≤ 270		TS093	1800		TS014	3300				
E90333	270 < x ≤ 280		TS094	1800		TS174	2400				
E90334	280 < x ≤ 290		TS095	1900		TS016	3200				
E90335	290 < x ≤ 300		TS096	2100		TS065	3100				
E90336	300 < x ≤ 310		TS097	2000		TS017	3100				
E90337	310 < x ≤ 320		TS098	2200		TS018	3300				
E90338	320 < x ≤ 330		TS099	2100		TS066	3200				
E90339	330 < x ≤ 340		TS100	2300		TS019	3200				
E90340	340 < x ≤ 350		TS101	2200		TS067	3200				
E90341	350 < x ≤ 360		TS102	2200		TS020	3200				
E90342	360 < x ≤ 370		TS103	2400		TS021	3200				
E90343	370 < x ≤ 380		TS104	2500		TS069	3300				
E90344	380 < x ≤ 390		TS105	2700		TS115	2900				
E90345	390 < x ≤ 400		TS106	3000		TS023	3200				
E90346	400 < x ≤ 410		TS107	3100		TS024	3300				
E90347	410 < x ≤ 420		TS108	3200		TS108	3200				
E90348	420 < x ≤ 430		TS109	2600		TS025	3300				
E90349	430 < x ≤ 440		TS110	2600		TS026	3400				
E90350	440 < x ≤ 450		TS111	2600		TS175	3400				

* Remplacement at Thermoplay

* Austauschen um in Thermoplay durchzuführen

JG=Grounded thermocouples I type / Geerdeter Thermofühler Typ J.

JU=Insulated thermocouple J type / Isolierter Thermofühler Typ J.

¹ Nominal power referred to each single heater / Nennleistung bezogen auf jedes einzelne Heizelement

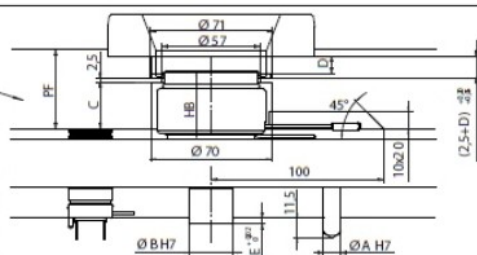
WARNING: according to the process temperature of the injected polymer, will be advised the suitable kind of manifold (with or without armored heaters).
 ACHTUNG: Entsprechend der Prozesstemperatur der verwendeten Polymere wird empfohlen, welche Typ Verteilungsplatte geeignet ist (mit oder ohne gepanzerte Widerstände).

Heat - treatable steel plate 110 Kg/mm²
 in alternative hardened steel HRC 42-46
 Vorvergüteter Werkzeugstahl 110 Kg/mm²
 oder gehärteter Stahl mit 42-46 HRC

For dimension not specified
 consult Thermoplay catalogue
 in accessories section.

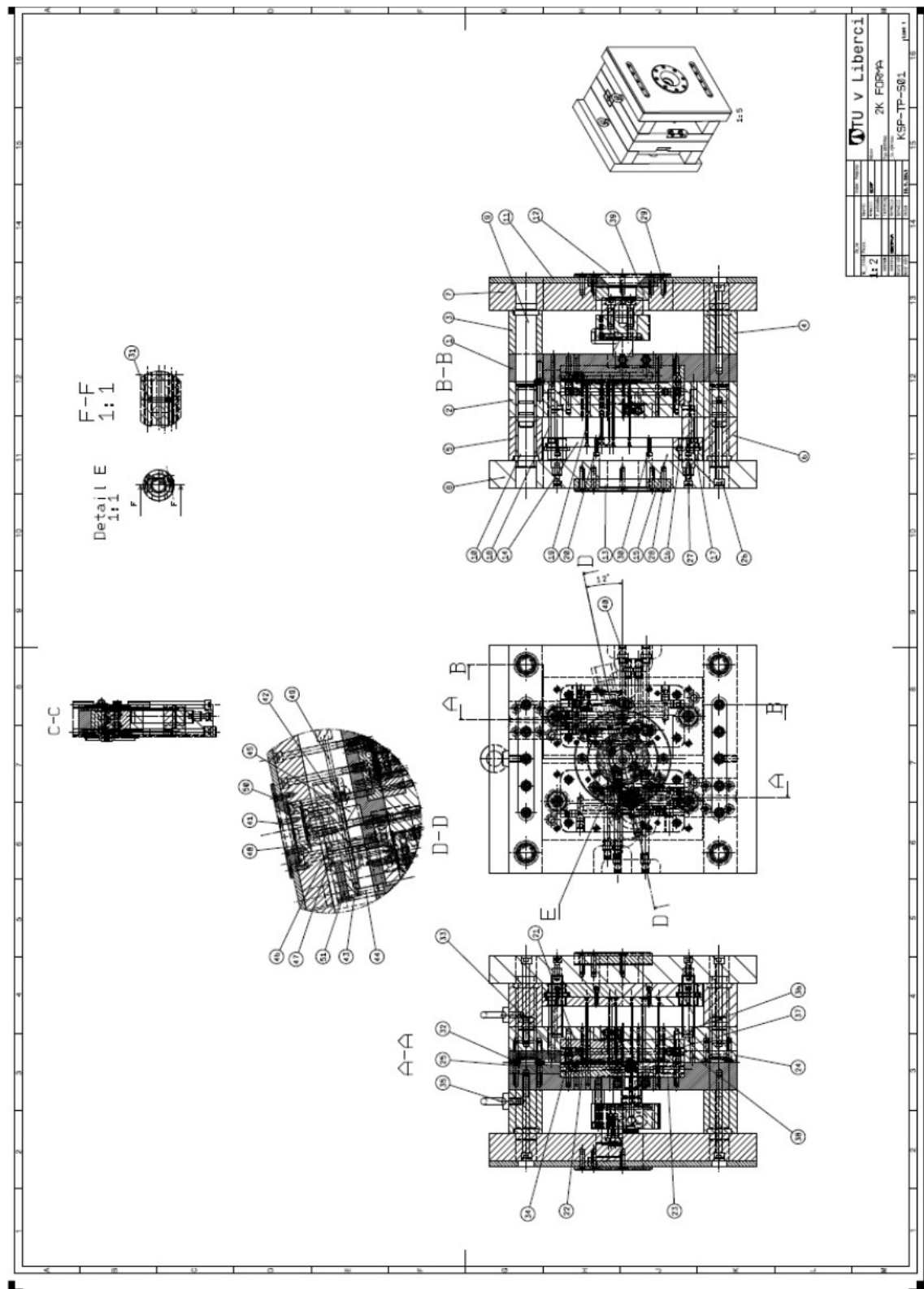
Für die nicht angegebenen
 Maße siehe Abschnitt Zubehör
 auf S. 26.02.

HB	C	PF
22	11	18 + D
40	27	36 + D
46	27	36 + D
60	47	56 + D
84	71	80 + D



Further information have to be required to Thermoplay's Technical Support - Für weitere Informationen an den Kundendienst von Thermoplay wenden.

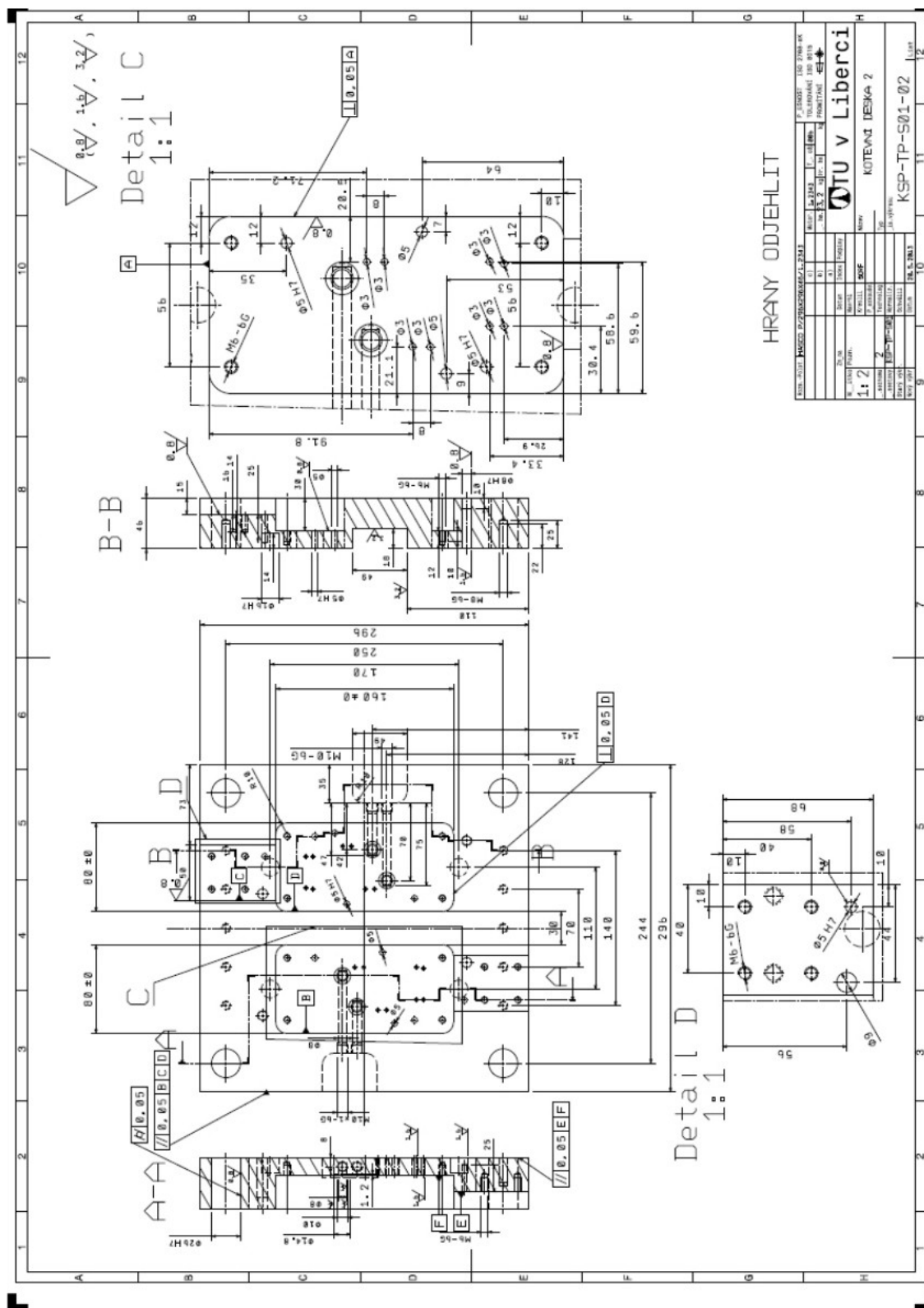
PŘÍLOHA Č.4-SESTAVA 2K FORMA



103

[illegible]

PŘÍLOHA Č6-KOTEVNÍ DESKA 2



Technical drawing of a mechanical part, likely a gear or flywheel, showing a cross-section and a side view. The cross-section shows a central hub with a diameter of 32 mm and a thickness of 148 mm. The outer rim has a diameter of 244 mm and a thickness of 14 mm. The drawing includes various dimension lines, tolerances, and surface finish symbols.

Technical drawing of a mechanical part, likely a shaft or rod, showing front and side views with dimensions and material specifications.

Front View (Top):

- Overall length: 296
- Section A-A: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section B-B: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section C-C: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section D-D: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section E-E: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section F-F: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section G-G: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section H-H: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section I-I: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section J-J: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section K-K: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section L-L: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section M-M: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section N-N: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section O-O: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section P-P: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section Q-Q: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section R-R: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section S-S: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section T-T: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section U-U: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section V-V: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section W-W: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section X-X: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section Y-Y: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section Z-Z: $\frac{0.8}{3.2}$

Side View (Bottom):

- Overall length: 296
- Section A-A: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section B-B: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section C-C: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section D-D: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section E-E: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section F-F: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section G-G: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section H-H: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section I-I: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section J-J: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section K-K: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section L-L: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section M-M: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section N-N: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section O-O: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section P-P: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section Q-Q: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section R-R: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section S-S: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section T-T: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section U-U: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section V-V: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section W-W: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section X-X: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section Y-Y: $\frac{0.8}{3.2}$
- Section Z-Z: $\frac{0.8}{3.2}$

Material and Manufacturing Information:

- Material: $\frac{0.8}{3.2}$
- Manufacturing: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface finish: $\frac{0.8}{3.2}$
- Heat treatment: $\frac{0.8}{3.2}$
- Dimensional tolerance: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface texture: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface roughness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface smoothness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface flatness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface roundness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface straightness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface parallelism: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface perpendicularity: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface squareness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface coplanarity: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface co-planarity: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface flatness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface roundness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface straightness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface parallelism: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface perpendicularity: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface squareness: $\frac{0.8}{3.2}$
- Surface coplanarity: $\frac{0.8}{3.2}$

[illegible]

[illegible]

$\sqrt{3.2}, \sqrt{1.6}, \sqrt{0.8}$

A-A

HRANY ODJEHLIT

PŘEDSTAVENÍ ISO 2768-MS
TOLERANČNÍ TOL 0.15
PROJEKTANT

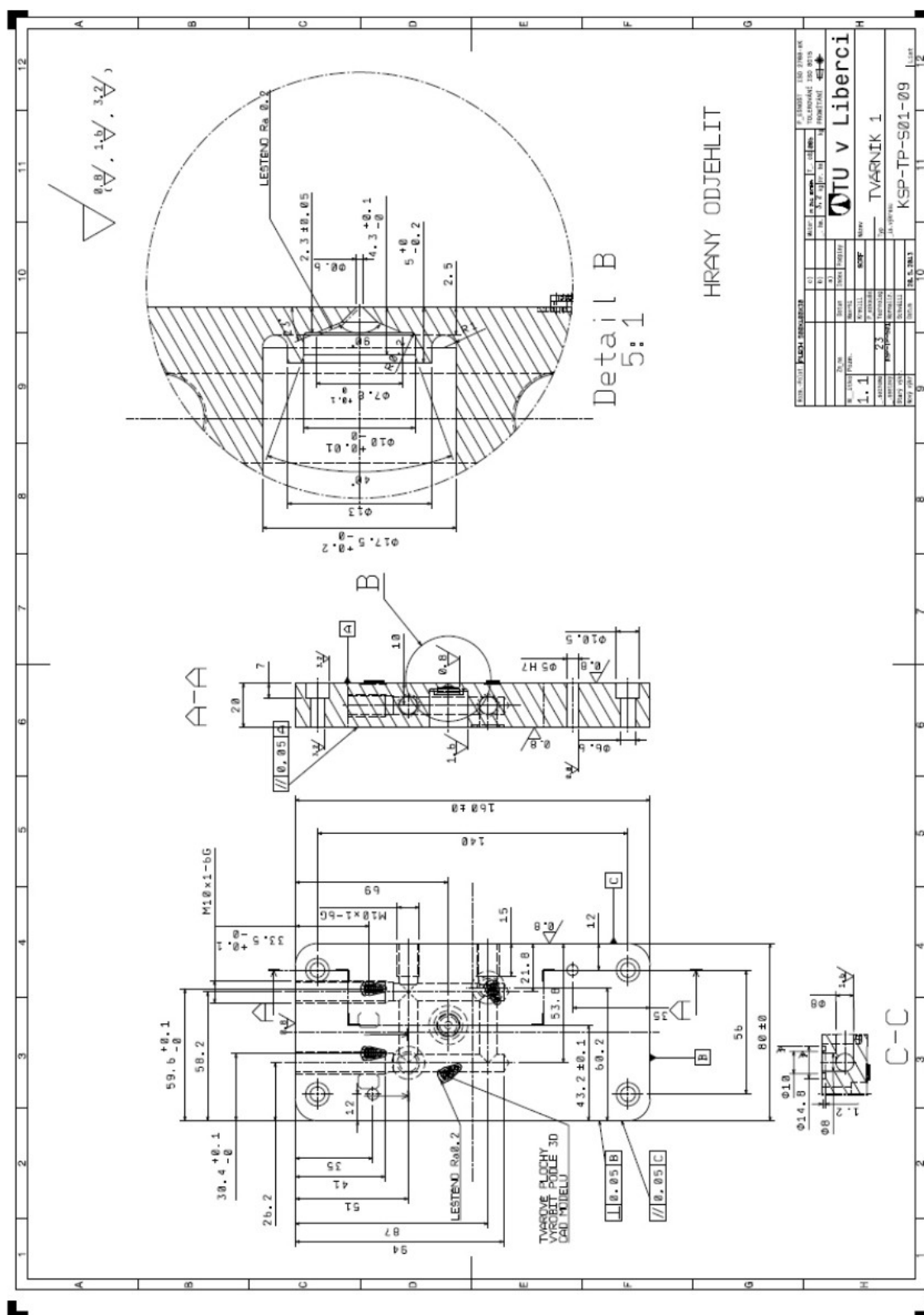
OTU v Liberci

HORNÍ VYHAZOVACÍ DESKA
KSP-TP-S01-07

LIST 8

[illegible]

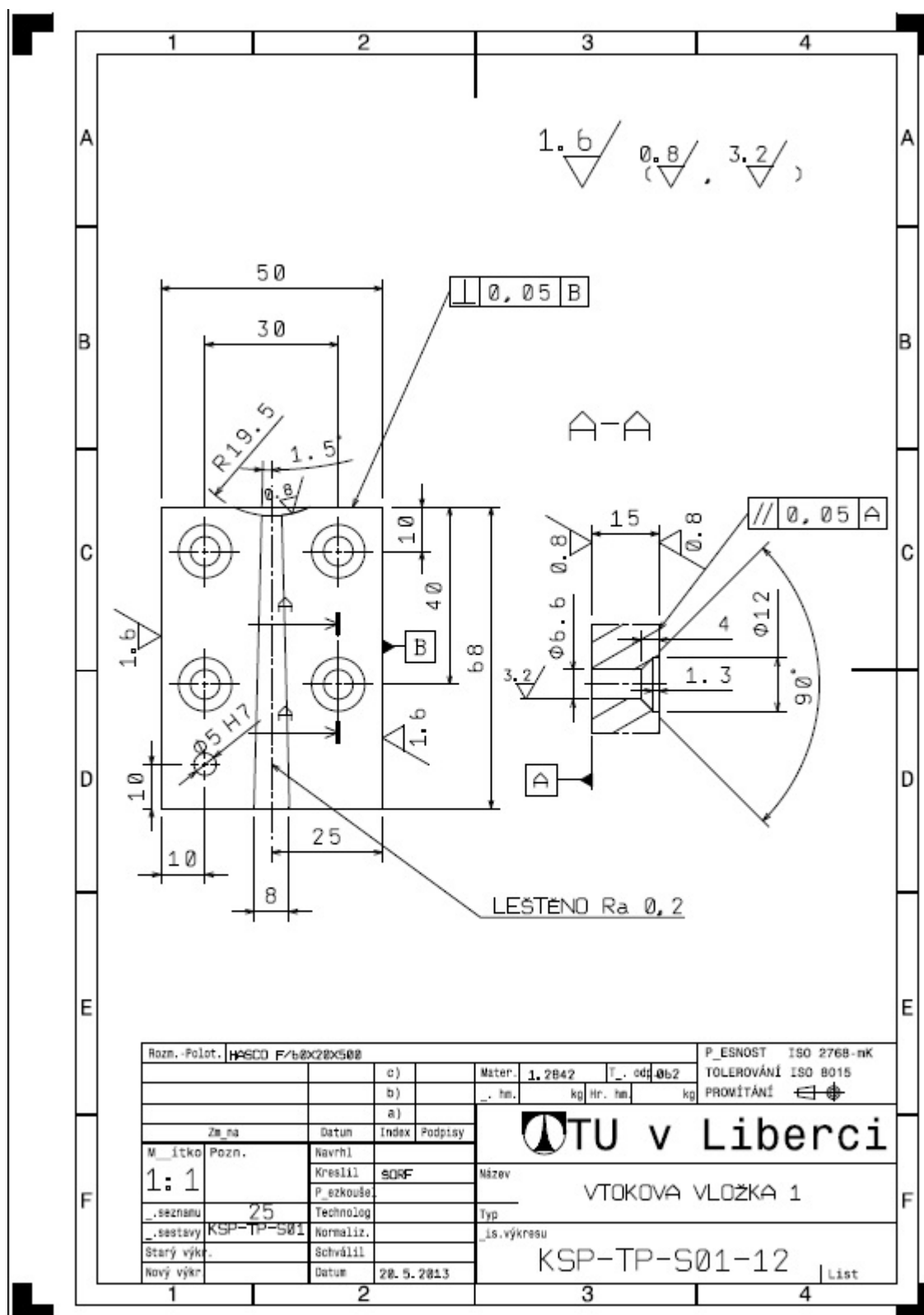
PŘÍLOHA Č.13- TVÁRNÍK 1



[illegible]

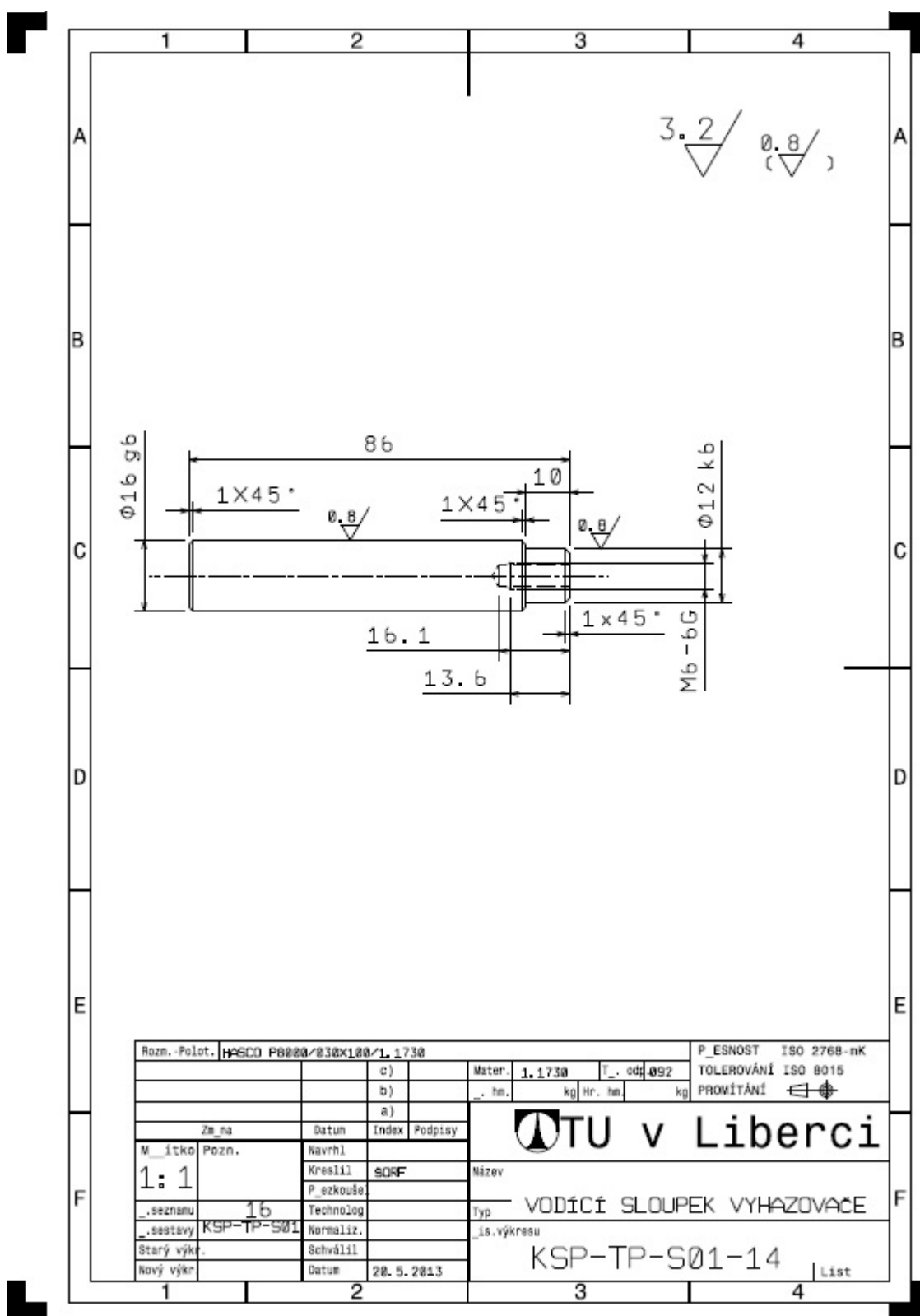
[illegible]

PŘÍLOHA Č.16-VTOKOVÁ VLOŽKA 1

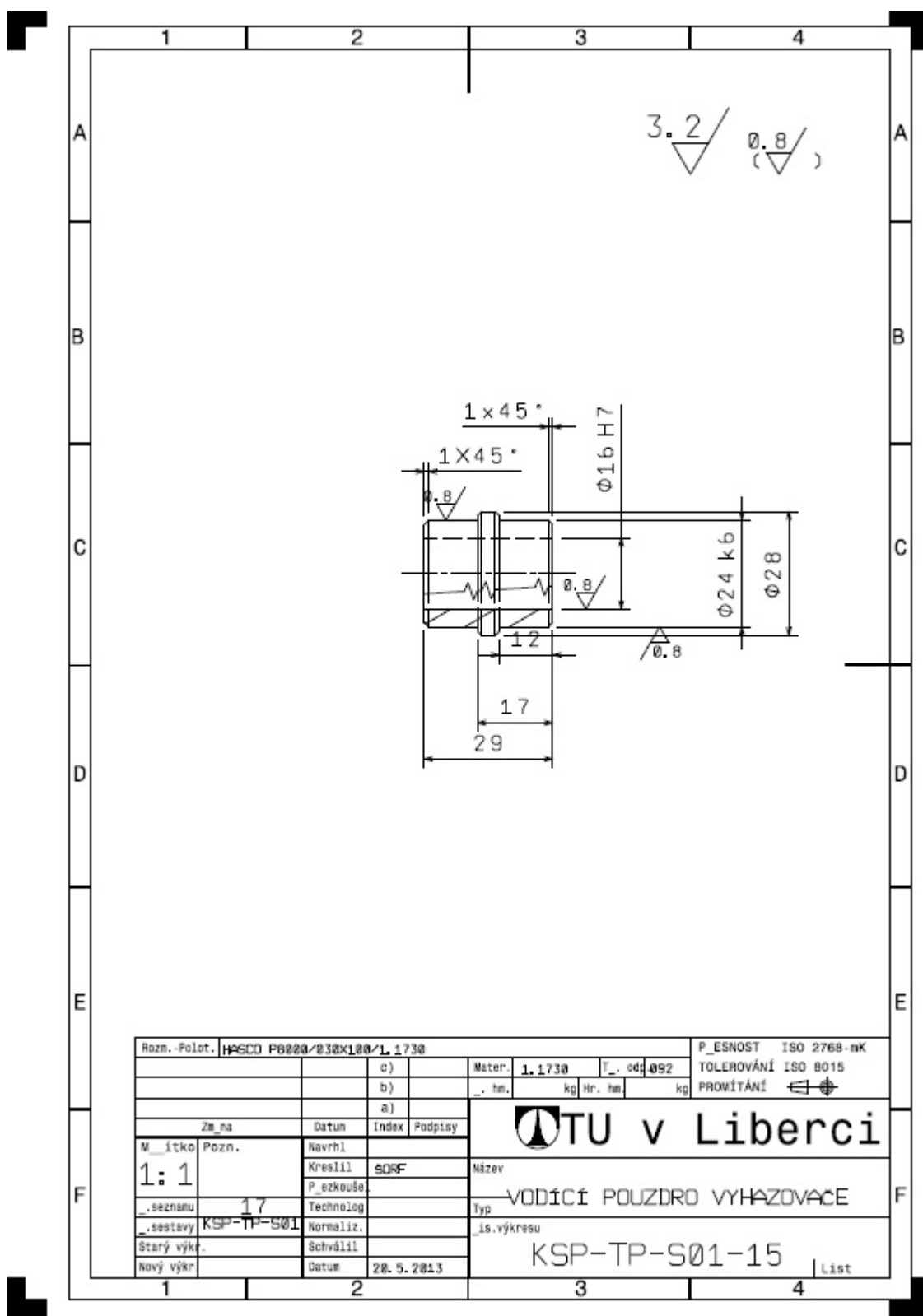


Technical drawing of a mechanical part, KSP-TP-S01-13, showing a front view and a cross-section. The front view is a rectangular plate with four circular holes arranged in a 2x2 grid. Dimensions include overall width 50, overall height 68, and hole diameter 10. The cross-section shows a T-shaped profile with a top flange of width 15 and a stem of diameter 8. Surface finish requirements are indicated by symbols like 0.05 and 0.8. A note "LEŠTĚNO Ra 0,2" is present. The drawing is framed by a coordinate grid with letters A, B, C, D, E, F and numbers 1, 2, 3, 4.

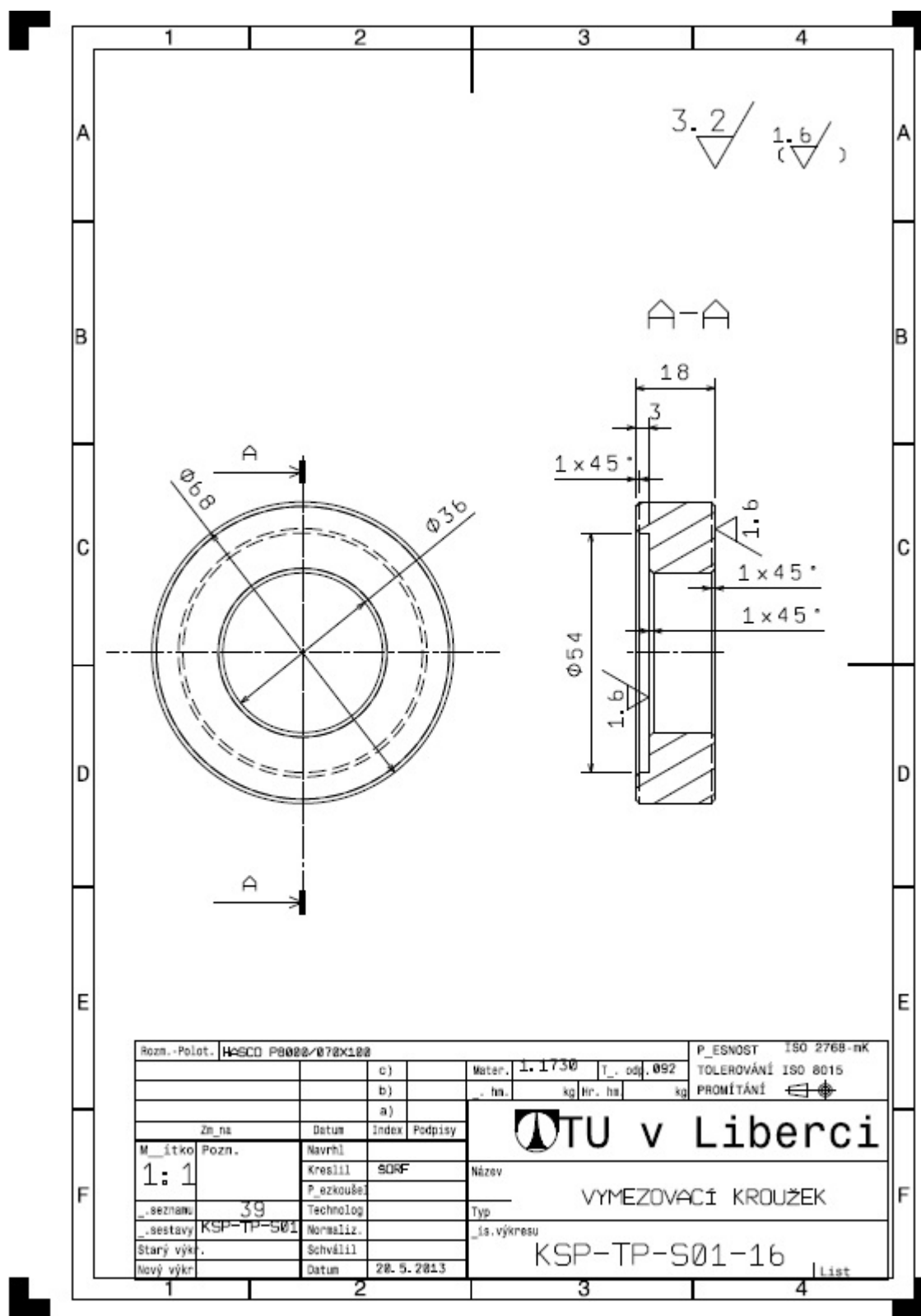
PŘÍLOHA Č.18- VODÍČÍ SLOUPEK VYHAZOVAČE



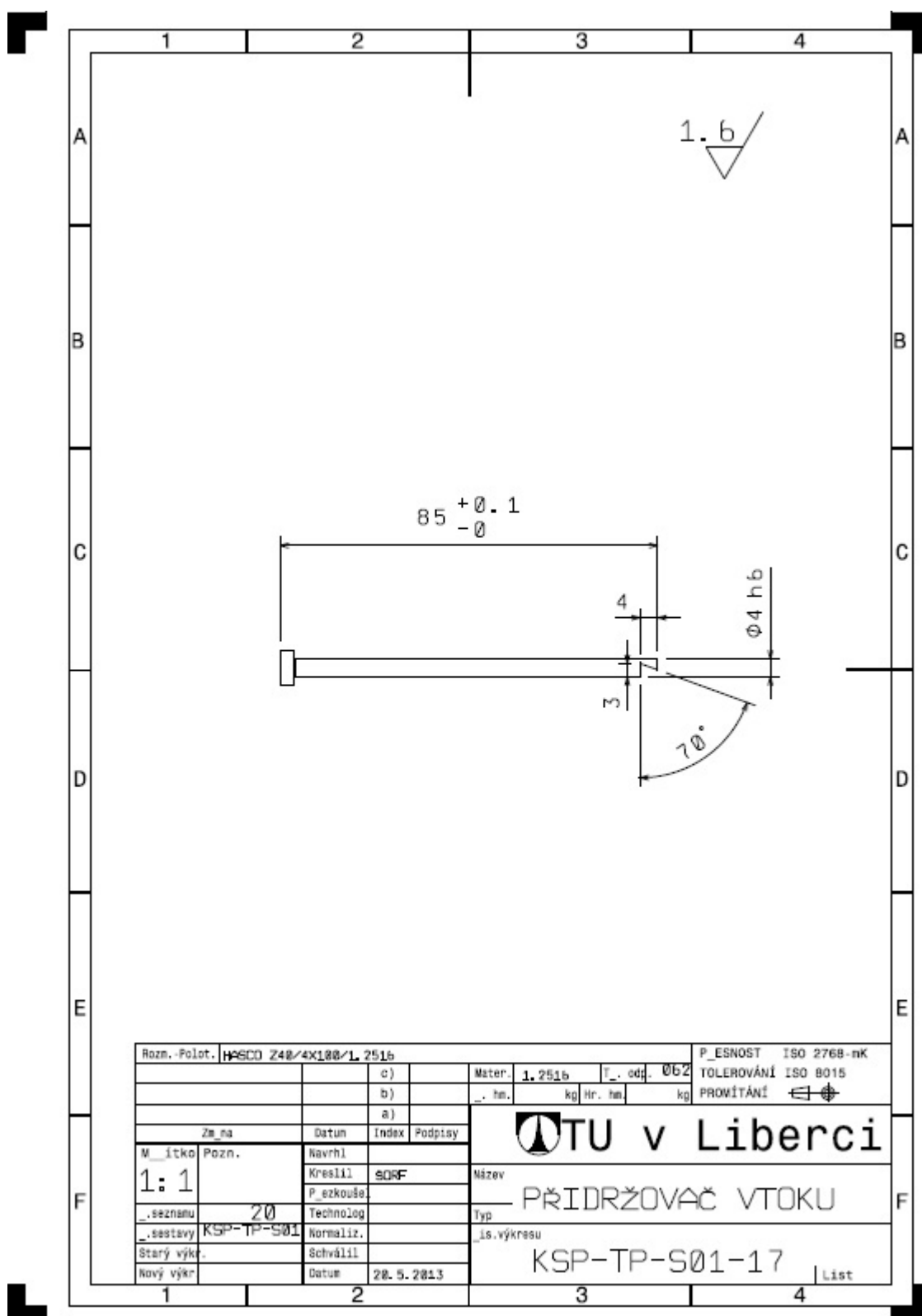
PŘÍLOHA Č. 19- VODÍČÍ POUZDRO VYHAZOVAČE



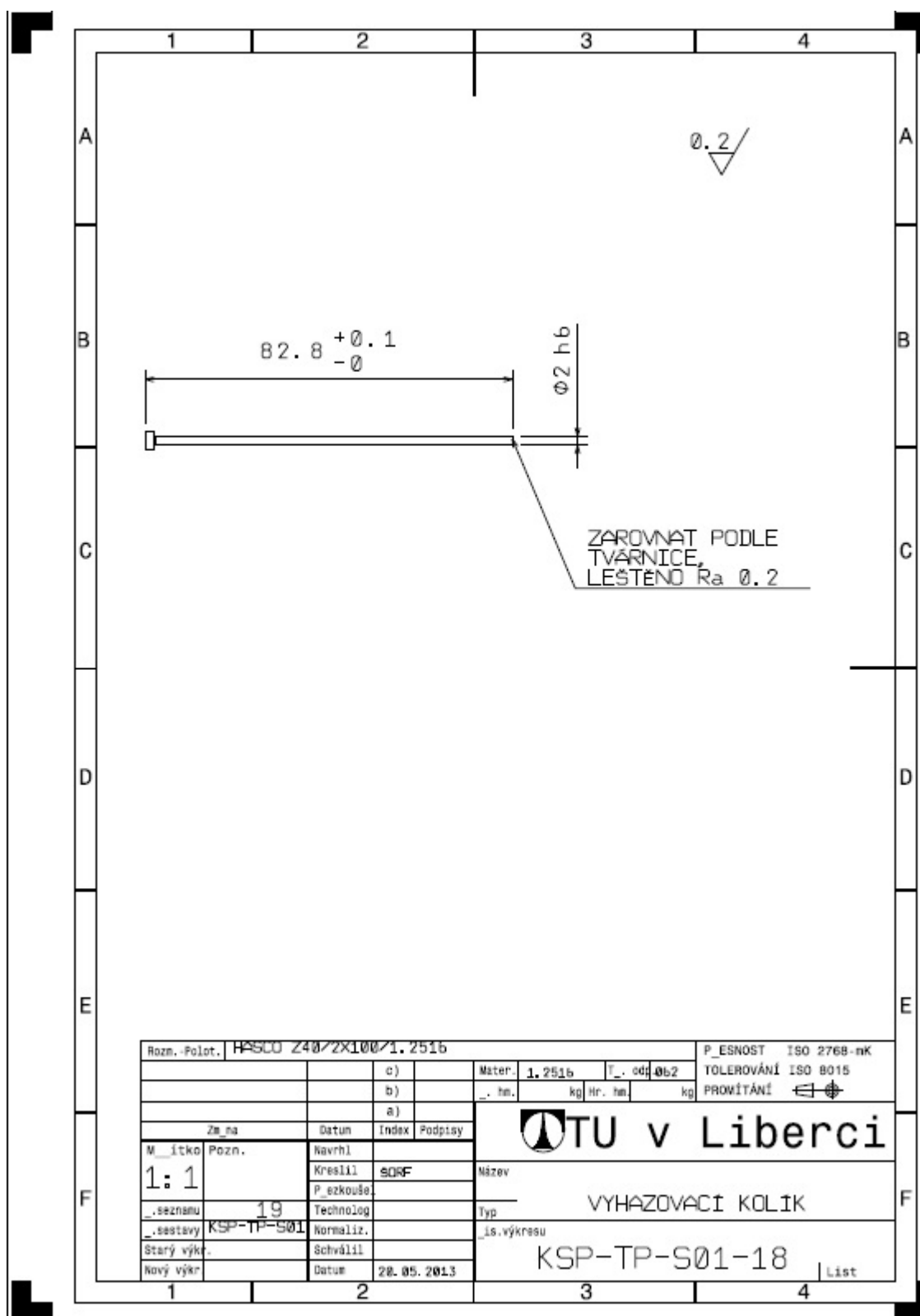
PŘÍLOHA Č. 20- VYMEZOVACÍ KROUŽEK



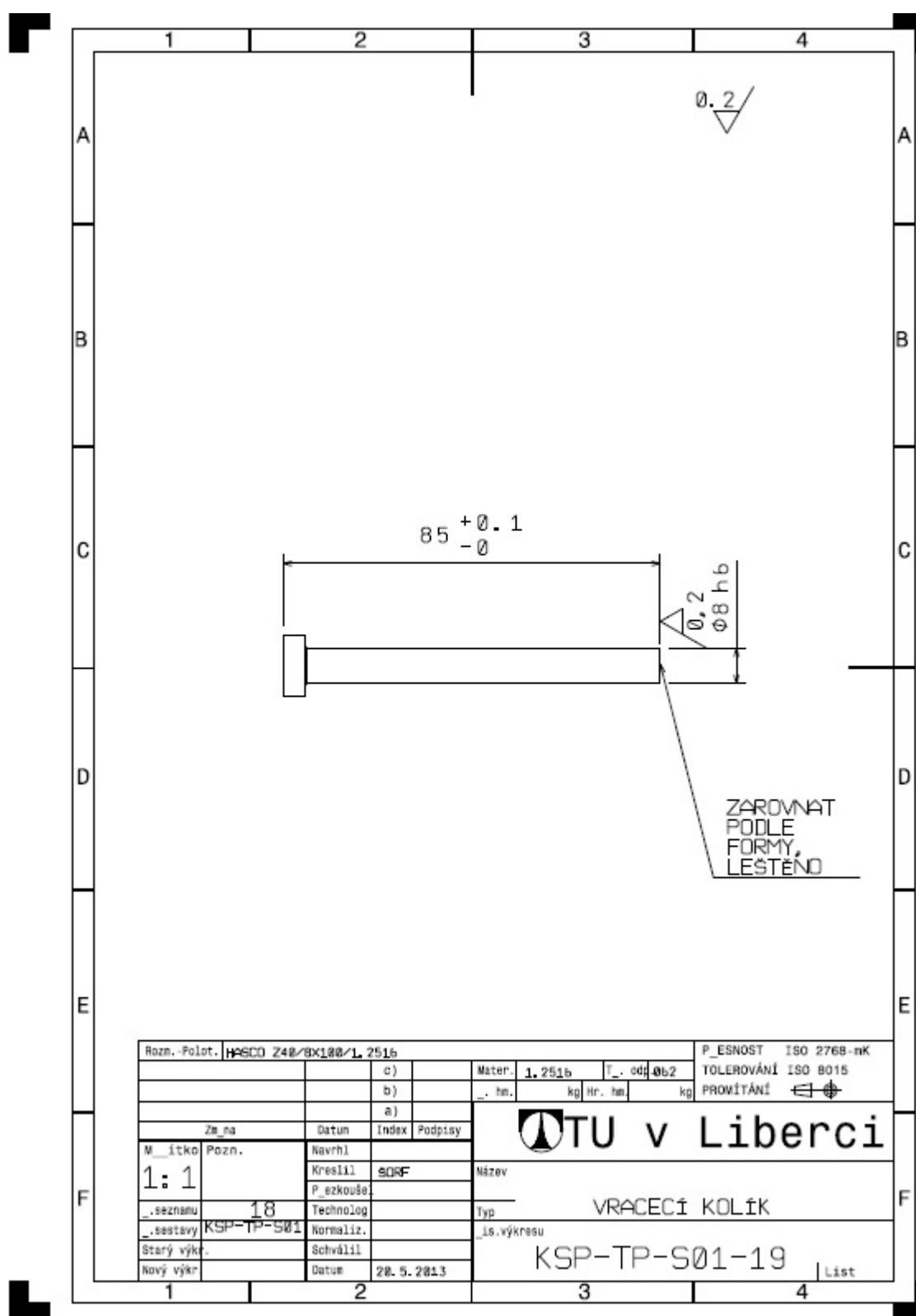
PŘÍLOHA Č.21- PŘIDRŽOVAČ VTOKU



PŘÍLOHA Č.22- VYHAZOVACÍ KOLÍK



PŘÍLOHA Č.23- VRACECÍ KOLÍK



Technical drawing of a mechanical part, showing a cross-section and a top view.

Top View:

- Overall diameter: $\Phi 1.25$
- Four small holes: $8 \times \Phi 0.6$

Cross-section:

- Overall diameter: $\Phi 1.2$
- Central hole diameter: $\Phi 1.25$
- Top view shows a semi-circular shape with a central hole of diameter 1.25 and four smaller holes of diameter 0.6.

Dimensions and Tolerances:

- Top view: $8 \times \Phi 0.6$
- Cross-section: $\Phi 1.2$, $\Phi 1.25$

Notes:

- 3.2/

[illegible]

Technical drawing of a technical plate (IZOLAČNÍ DESKA) showing top and side views with dimensions and a title block.

Top View Dimensions:

- Overall width: 296
- Overall height: 346
- Inner width: 148
- Inner height: 173
- Top edge radius: R10
- Top edge hole diameter: $\varnothing 90$
- Top edge hole spacing: 140
- Top edge hole diameter: 78
- Bottom edge hole diameter: $\varnothing 105$
- Bottom edge hole spacing: 148
- Bottom edge hole diameter: 78
- Bottom edge hole spacing: 140
- Bottom edge hole diameter: $\varnothing 90$
- Bottom edge radius: R10

Side View Dimensions:

- Thickness: 7

Title Block:

Rozn.-Polot. HESPO Z121/28h 34h/2		P_ESNOST ISO 2768-mK	
		TOLEROVÁNÍ ISO 8015	
		PROVÍTÁNÍ	
Za_ná		Datum Index Podpis	
M_ítka	Pozn.	Navrh	Kreslil
1:1			SORF
seznámu	11	Technolog	Normaliz.
sestavy	KSP-TP-S01	Schválil	Datum
Starý výkr.			20. 5. 2013
Nový výkr.			

Logo: TU v Liberci

Name: IZOLAČNÍ DESKA

Type: KSP-TP-S01-22

Page: 1 List

PŘÍLOHA Č.27,28- VODÍCÍ SLOUPEK FORMY, VODÍCÍ POUZDRO

Ø 26

HASCO

Z00



Z03



Z03

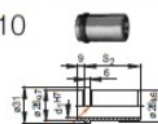


Z00 / S ₂ / d ₁ x L	... / d ₁ x L
Z00 / 17 / 18 x 35	... / 20 x 35
55	55
75	75
120	120
Z00 / 22 / 18 x 35	... / 20 x 35
45	45
65	65
85	85
115	115
Z00 / 27 / 18 x 35	... / 20 x 35
45	45
65	65
85	85
105	105
125	125
165	165
225	225
245	245
Z00 / 36 / 18 x 35	... / 20 x 35
55	55
75	75
95	95
115	115
135	135
165	165
225	225
255	255
Z00 / 46 / 18 x 35	... / 20 x 35
45	45
65	65
85	85
105	105
135	135
165	165
245	245
Z00 / 56 / 18 x 35	... / 20 x 35
55	55
75	75
95	95
155	155
Z00 / 66 / 18 x 35	... / 20 x 35
55	55
75	75
95	95
145	145
Z00 / 76 / 18 x 55	... / 20 x 55
75	75
95	95
135	135
Z00 / 86 / 18 x 55	... / 20 x 55
75	75
95	95
125	125
Z00 / 96 / 18 x 55	... / 20 x 55
95	95
Z00 / 116 / 18 x 75	... / 20 x 75
115	115
Z00 / 136 / 18 x 135	... / 20 x 135

Z03 / S ₂ / d ₁ x L	... / d ₁ x L
Z03 / 17 / 18 x 35	... / 20 x 35
55	55
75	75
95	95
Z03 / 22 / 18 x 20	... / 20 x 20
35	35
40	40
45	45
50	50
55	55
60	60
65	65
70	70
80	80
85	85
115	115
Z03 / 27 / 18 x 20	... / 20 x 20
35	35
40	40
45	45
50	50
55	55
60	60
65	65
70	70
80	80
85	85
105	105
125	125
Z03 / 36 / 18 x 20	... / 20 x 20
35	35
40	40
45	45
50	50
55	55
60	60
65	65
70	70
75	75
80	80
95	95
115	115
135	135
Z03 / 46 / 18 x 20	... / 20 x 20
45	45
65	65
85	85
105	105
135	135
165	165
Z03 / 56 / 18 x 20	... / 20 x 20
35	35
55	55
75	75
95	95
Z03 / 66 / 18 x 55	... / 20 x 55
75	75
95	95
Z03 / 76 / 18 x 55	... / 20 x 55
75	75
95	95

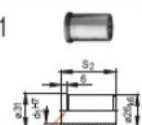
Z03 / S ₂ / d ₁ x L	... / d ₁ x L
Z03 / 86 / 18 x 55	... / 20 x 55
75	75
95	95
Z03 / 96 / 18 x 55	... / 20 x 55
95	95
Z03 / 116 / 18 x 115	... / 20 x 115
Z03 / 136 / 18 x 135	... / 20 x 135

Z10



Z10 / S ₂ / d ₁	... / d ₁
Z10 / 17 / 18	... / 20
22 / 18	20
27 / 18	20
36 / 18	20
46 / 18	20
56 / 18	20
66 / 18	20
76 / 18	20
86 / 18	20
96 / 18	20
116 / 18	20
136 / 18	20

Z11



Z11 / S ₂ / d ₁	... / d ₁
Z11 / 17 / 18	... / 20
22 / 18	20
27 / 18	20
36 / 18	20
46 / 18	20
56 / 18	20
66 / 18	20
76 / 18	20
86 / 18	20
96 / 18	20
116 / 18	20
136 / 18	20

■ Neu/New/Nouveau

261

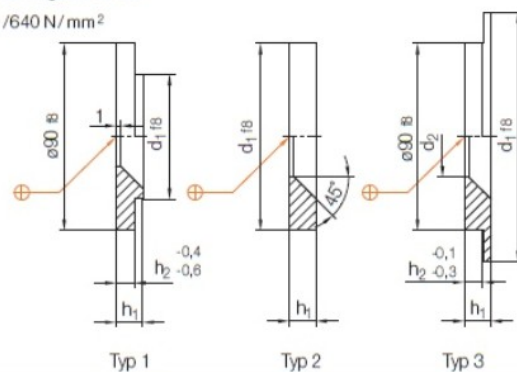
PŘÍLOHA Č.29- STŘEDÍCÍ KROUŽEK

HASCO

K100/...

Zentrierflansch, feste Seite
Locating ring, fixed half
Rondelle de centrage, côté fixe

Mat.: 1.1730/640 N/mm²



Typ 1						Typ 2						Typ 3					
Typ	d ₂	h ₂	d ₁	h ₁	Nr./No.	Typ	d ₂	h ₂	d ₁	h ₁	Nr./No.	Typ	d ₂	h ₂	d ₁	h ₁	Nr./No.
1	36	4	60	8	K 100/ 60 x 8							3	36	4	130	12	K 100/ 130 x 12
			80		80 x 8										140		140 x 12
2		-	90		90 x 8										150		150 x 12
3		4	100		100 x 8										160	8	160 x 8
			110		110 x 8											12	160 x 12
				12	110 x 12										175	8	175 x 8
			120	8	120 x 8											12	175 x 12
				12	120 x 12										180		180 x 12
			125	8	125 x 8										200		200 x 12
				12	125 x 12										250		250 x 12

Z121/...; Z1212/...; Z1213/...

Typ	d ₂	h ₂	t ₁	d ₁	h ₁	Nr./No.
1	26	7	3	60	11	K 100/ 60x11
		9	5		13	60x13
		7	3	80	11	80x11
		9	5		13	80x13
2	36	-	3	90	11	90x11
			5		13	90x13
			7		15	90x15
			8,5		16,5	90x16,5
3		7	3	100	11	100x11
		9	5		13	100x13
		11	7		15	100x15
		12,5	8,5		16,5	100x16,5
		7	3	110	11	110x11
		9	5		13	110x13
		11	7		15	110x15
		12,5	8,5		16,5	110x16,5

Typ	d ₂	h ₂	t ₁	d ₁	h ₁	Nr./No.
3	36	7	3	120	11	K 100/ 120x11
		9	5		13	120x13
		11	7		15	120x15
		12,5	8,5		16,5	120x16,5
		7	3	125	11	125x11
		9	5		13	125x13
		11	7		15	125x15
		12,5	8,5		16,5	125x16,5
		7	3	160	11	160x11
		9	5		13	160x13
		11	7		15	160x15
		12,5	8,5		16,5	160x16,5
7	3	175	11	175x11		
9	5		13	175x13		
11	7		15	175x15		
12,5	8,5		16,5	175x16,5		