



Diplomová práce

Konstrukce vstřikovací formy pro navržený díl

Studijní program:

N0722A270001 Technologie plastů a kompozitů

Autor práce:

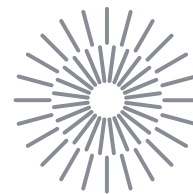
Bc. Jakub Bittner

Vedoucí práce:

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld

Katedra strojírenské technologie

Liberec 2024



Zadání diplomové práce

Konstrukce vstřikovací formy pro navržený díl

Jméno a příjmení:

Bc. Jakub Bittner

Osobní číslo:

S22000256

Studijní program:

N0722A270001 Technologie plastů a kompozitů

Zadávací katedra:

Katedra strojírenské technologie

Akademický rok:

2023/2024

Zásady pro vypracování:

1. Rešerše poznatků v oblasti konstrukce vstřikovacích forem
2. Návrh designu a konstrukce dílu
3. Simulace procesu vstřikování
4. Konstrukční řešení vstřikovací formy
5. Diskuse výsledků a závěr

Rozsah grafických prací: grafy, obrázky, tabulky
Rozsah pracovní zprávy: cca 50 stran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: čeština

Seznam odborné literatury:

- [1] MALLOY, Robert A. Plastic Part Design for Injection Molding: An Introduction. [1st ed.]. München: Hanser, 1994. ISBN 1-56990-129-5.
[2] BELOFSKY, Harold. Plastic Product Design and Process Engineering. München: Hanser, 1995. ISBN 1-56990-179-1
[3] STOECKHERT, K.: Mold-Making Handbook, Carl Hanser Verlag, 1998.
[4] GASTROW, H. Injection Moulds, 130 Proven design, Hanser, 2002.
[5] KAZMER, David. Injection Mold Design Engineering. Munich: Hanser Publishers, 2007. ISBN 978-3-446-41266-8.
[6] BOBEK, J. Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů. Dostupné na www.etul.publi.cz, 2015. ISBN Android: 978-80-88058-64-9

Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
Katedra strojírenské technologie

Datum zadání práce: 6. listopadu 2023
Předpokládaný termín odevzdání: 6. května 2025

doc. Ing. Jaromír Moravec, Ph.D.
děkan

L.S.

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
garant studijního programu

V Liberci dne 6. listopadu 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, 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 nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Konstrukce vstřikovací formy pro navržený díl

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem dvoudeskové vstřikovací „family“ formy s horkým vtokovým systémem. V úvodní části konstruování formy je proveden předběžný návrh dílčích částí vstřikovací formy a následně je věnována pozornost podrobnému návrhu komponent a systémům vstřikovací formy. Geometrie a rozměr ústí horkého vtokového systému je navržen s využitím simulačního softwaru Cadmould®, čímž se docílilo rovnoměrného plnění obou dutin. Temperační systém je navržen opět ve spolupráci se simulačním softwarem, díky kterému se zajistil rovnoměrný odvod tepla z povrchu dutiny formy. Dále se navrhuje mechanický systém vyhazování s vyhazovacími kolíky a odvzdušnění dutiny formy pomocí odvzdušňovacích drážek. Součástí této práce je také návrh zvoleného plastového dílu, kterým je plastová svorka na uzavírání kuchyňských sáčků. Úvod praktické části se věnuje také návrhu designu svorky a jejímu konstrukčnímu návrhu. Svorka je navržena v krátkém a dlouhém provedení.

Klíčová slova

vstřikovací forma, vstřikování, konstrukce forem, simulace, plastový díl

Injection mould design for the designed part

Abstract

The diploma thesis deals with the design of a family injection mould with a hot runner system. In the initial part of the mould design, a preliminary design of the injection mould parts is created and then a detailed design of the components and systems of the injection mould is presented. The geometry and orifice size of the hot runner system is designed using Cadmould® simulation software to achieve uniform filling of both cavities. The tempering system is also designed using the simulation software, ensuring uniform heat dissipation from the mould cavity surface. Furthermore, a mechanical ejection system with ejector pins and venting of the mould cavity with venting grooves is designed. This work also includes the design of the chosen plastic part, which is a plastic clamp for sealing kitchen bags. The introduction of the practical part deals with the design of the clamp and its structural design. The clamp is designed in a short and a long version.

Key words

Injection Mould, Plastic Injection Moulding, Design of Moulds, Simulation, Plastic Part

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval mému vedoucímu diplomové práce, panu prof. Dr. Ing. Petru Lenfeldovi, FEng. za odborné vedení, cenné rady, ochotu a umožnění realizace této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Martině Vondráškové za cenné rady v oblasti konstrukce forem a panu Ing. Jiřímu Habrovi, Ph.D. za odborné konzultace. Také bych chtěl poděkovat kolegům z navazujícího magisterského studia za veškerou pomoc při studiu. Závěrem patří poděkování mé rodině a blízkým přátelům za intenzivní podporu během studia na vysoké škole.

Obsah

Seznam použitých zkratk	10
1 Úvod	12
2 Teoretická část	13
2.1 Konstrukce plastových dílů	13
2.1.1 Tloušťka stěny	13
2.1.2 Úkoso	14
2.1.3 Západkové spoje	15
2.1.4 Spoje ohybem	16
2.2 Úvod do konstruování vstřikovacích forem	17
2.3 Metodika návrhu vstřikovací formy	17
2.3.1 Obecná konstrukční doporučení při návrhu formy	19
2.4 Skladba desek a částí vstřikovací formy	20
2.4.1 Komponenty vstřikovací formy	22
2.5 Konstrukční řešení vstřikovacích forem	24
2.5.1 Dvoudeskové vstřikovací formy	25
2.5.2 Třídesekové vstřikovací formy	26
2.6 Vtokové systémy	27
2.6.1 Studený vtokový systém	27
2.6.2 Horký vtokový systém	28
2.6.3 Konstrukce horkých trysek	32
2.7 Temperační systémy	34
2.8 Vyhazovací systém	36
2.9 Odvzdušnění dutiny vstřikovací formy	38
2.10 Materiály vstřikovacích forem	40
2.11 Standardizované komponenty vstřikovacích forem	41
3 Praktická část	43
3.1 Návrh plastového dílu	43

3.1.1	Návrh designu součástí	43
3.1.2	Konstrukční návrh svorky	45
3.2	Zhotovení prototypu svorky.....	50
3.3	Volba materiálu dílu	50
3.4	Volba vstřikovacího stroje	51
3.5	Požadavky na konstrukci vstřikovací formy	53
3.6	Předběžný návrh vstřikovací formy	53
3.6.1	Výběr konceptu formy	54
3.6.2	Zaformování dílu	55
3.6.3	Volba vtokového systému	55
3.6.4	Volba vyhazovacího systému	55
3.6.5	Volba temperačního systému	56
3.6.6	Volba materiálů pro komponenty formy	56
3.7	Podrobný konstrukční návrh vstřikovací formy	57
3.7.1	Rozměry vstřikovací formy	59
3.7.2	Konstrukce tvarových dutiny	60
3.7.3	Konstrukce horkého vtokového systému	62
3.7.4	Návrh vyhazovacího systému.....	65
3.7.5	Dimenzování temperačního systému.....	67
3.7.6	Konstrukce odvzdušnění vstřikovací formy	72
3.8	Výroba vstřikovací formy.....	73
4	Závěr	75
	Seznam použité literatury	77
	Seznam příloh	82

Seznam použitých zkratek

<u>Zkratka</u>	<u>Popis</u>	<u>Jednotka</u>
D_k	průměr temperačního kanálu	(mm)
F_u	uzavírací síla	(kN)
H_z	výška retenčního prvku / výška výstupku	(mm)
L_z	délka nosíkové části západky	(mm)
R	poloměr zaoblení	(mm)
S_c	součet obsahu ploch v průmětu	(mm ²)
$S_{p,d}$	plocha dlouhé svorky v průmětu	(mm ²)
$S_{p,k}$	plocha krátké svorky v průmětu	(mm ²)
\check{S}_z	šířka otvoru západky	(mm)
V_c	velikost (objem) vstřikovací dávky	(cm ³)
V_d	objem dlouhé svorky	(mm ³)
V_k	objem krátké svorky	(mm ³)
a_z	osová vzdálenost žeber	(mm)
b_z	šířka západky	(mm)
h_f	odsazení filmového spoje	(mm)
h_z	výška západky / přesazení západky	(mm)
p_i	předpokládaný tlak v dutině formy	(MPa)
s	obecná tloušťka stěny dílu	(mm)
\check{S}_f	šířka filmového spoje	(mm)
\check{S}_z	šířka retenčního prvku západky	(mm)
t	tloušťka stěny svorky	(mm)
t_f	tloušťka filmového spoje	(mm)
t_z	tloušťka žebra	(mm)
v_p	výška popisu	(mm)
$v_{z,h}$	výška horního žebra svorky	(mm)
$v_{z,s}$	výška spodního žebra svorky	(mm)

$\beta_{z,1}$	náběhový (montážní) úhel	(°)
$\beta_{z,2}$	uvolňovací (demontážní) úhel	(°)
γ	úhel úkosu	(°)
ΔT_1	rozdíl teplotního pole u kanálu s větším průřezem	(W/m ²)
ΔT_2	rozdíl teplotního pole u kanálu s menším průřezem	(W/m ²)
δ_z	velikost podkosu retenčního prvku	(°)
ABS	akrylonitrilbutadienstyren	-
CAD	počítačem podporované projektování	-
GF	skelná vlákna	-
PA 6	polyamid 6	-
PA 6.6	polyamid 6.6	-
PA 12	polyamid 12	-
PBT	polybutylentereftalát	-
PC	polykarbonát	-
PE	polyethylen	-
PET	polyethylentereftalát	-
PMMA	polymethylmethakrylát	-
POM	polyoxymethylen	-
PP	polypropylen	-
PS	polystyren	-
PTFE	polytetrafluorethylen	-
PUR	polyuretan	-
PVC	polyvinylchlorid	-
SAN	styrenakrylonitril	-
STL	stereolitografie	-

1 Úvod

Konstrukce je jednou z nejdůležitějších oblastí oboru strojírenství, která se zabývá návrhem výrobků, nástrojů, částí strojů či funkčních celků. Hlavní roli má především při tvorbě nových produktů, které nacházejí uplatnění v různých odvětvích, ať už je to např. automobilový či potravinářský průmysl. V praxi konstruování vyžaduje určité znalosti z mechaniky, materiálového inženýrství, termodynamiky a dalších oblastí. Pro úspěch konstrukčního návrhu je potřeba znalost dané problematiky a určitá dávka kreativity, díky které je možné vytvořit funkční a efektivní řešení. Ve strojírenství je konstruktér neustále vystaven kromě technických požadavků také různým ekonomickým požadavkům, které výrazně ovlivňují celý proces návrhu. Jeho cílem je najít rovnováhu mezi technickou dokonalostí výrobku a výrobními náklady. To znamená, že musí zvažovat nejen kvalitu a funkčnost navrhovaných řešení, ale také vhodnou volbu materiálů a výrobních technologií.

V dnešní době je vstřikování plastů jedním z nejrozšířenějších výrobních procesů v plastikářském průmyslu. Specifickou a velmi důležitou oblastí konstruování ve strojírenství je navrhování konstrukce vstřikovacích forem pro plastové díly. Vstřikovací formy jsou speciální nástroje, které se používají při výrobě plastových dílů technologií vstřikování. Komplexnost konstrukce vstřikovacích forem je dána širokou škálou konstrukčních řešení pro jednotlivé části formy a potřebou porozumět technologií vstřikování a jednotlivým druhům plastů. Zhotovení plastového výrobku v požadované přesnosti a kvalitě je přímo závislé na konstrukčním návrhu vstřikovací formy. Dobrý konstrukční návrh také zvyšuje produktivitu a efektivnost výrobního procesu [1].

Konstrukcí vstřikovací formy se zabývá i tato diplomová práce. Před zahájením podrobného návrhu konstrukčního řešení vstřikovací formy jsou shrnuty jednotlivé požadavky na konstrukci formy a zvolen vhodný koncept vstřikovací formy. Následně je navržena vhodná skladba desek formy a jednotlivé části formy včetně vtokového, vyhazovacího a temperačního systému. Součástí této práce je také návrh vyráběného plastového dílu, včetně jeho designu a celkové konstrukce.

2 Teoretická část

Teoretická část diplomové práce se zabývá zásadami konstrukce plastových dílů a vstřikovacích forem. V úvodní kapitole jsou popsány základní poznatky a doporučení pro navrhování plastových dílů technologií vstřikování. S ohledem na zaměření diplomové práce je většina teoretické části věnována samotné konstrukci vstřikovacích forem.

2.1 Konstrukce plastových dílů

Zásady konstrukce plastových dílů vychází především z vlastností zvoleného polymerního materiálu a z dodržení hlavních požadavků na výrobek. Mezi tyto požadavky se řadí zejména funkčnost dílu, technologičnost, životnost a nákladnost na výrobu. Kromě těchto faktorů se konstrukční návrh odvíjí také od designu výrobku. V této kapitole jsou probrány elementární zásady a doporučení pro konstrukci plastových dílů, týkající se zaměření diplomové práce [2, 3].

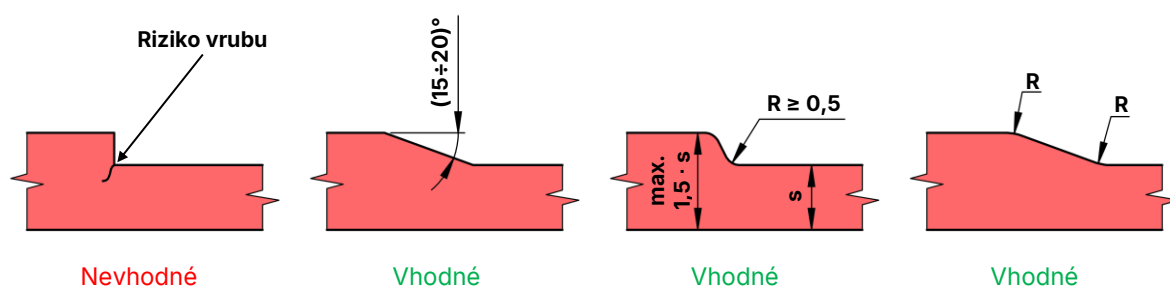
2.1.1 Tloušťka stěny

Tloušťka stěny výrobku je zásadním parametrem při konstrukci plastových dílů. Ovlivňuje nejen tuhost dílu, ale také jeho vyrobiteľnosť danou technologií a ekonomičnosť celého výrobního procesu (např. příliš dlouhé výrobní cykly, vysoká spotřeba materiálu atp.). V konstrukci plastových dílů platí obecné pravidlo, udržet co nejvíce jednotnou tloušťku stěny v rámci celého výrobku. Doporučené tloušťky stěn výrobků zhotovené technologií vstřikování jsou pro jednotlivé materiály uvedeny v tab. 2.1 [3–5].

Tab. 2.1 Typické nominální tloušťky stěny pro vybrané polymery [3]

Název typu plastu	Zkratka plastu	Tloušťka stěny (mm)
Akrylonitrilbutadienstyren	ABS	1,1 ÷ 3,6
Polyoxymethylen	POM	0,8 ÷ 3,0
Polyamid 6	PA 6	0,3 ÷ 2,9
Polykarbonát, polyvinylchlorid	PC, PVC	1,0 ÷ 3,8
Polyethylentereftalát, polybutylentereftalát	PET, PBT	0,6 ÷ 3,2
Polyethylen	PE	0,8 ÷ 5,0
Polypropylen	PP	0,6 ÷ 3,8
Polystyren	PS	0,9 ÷ 3,8
Polyuretan	PUR	2,0 ÷ 19,0

S tloušťkou stěny souvisí také průběh tečení taveniny při vstřikování. Tavenina polymeru je vysoce viskózní a musí mít dostatek prostoru bez náhlých přechodů, aby se docílilo co nejrovnoměrnějšího plnění dutiny bez tlakových ztrát. Pokud dochází v rámci výrobku ke změně tloušťky, je doporučen pozvolný nebo zaoblený přechod. Kromě toho jsou ostré rohy rizikovým místem pro vznik a šíření vrubu. Doporučená úprava přechodů je vyobrazena na obr. 2.1 [4, 6].



Obr. 2.1 Způsoby řešení přechodů v tloušťce stěny, upraveno dle [3, 4]

2.1.2 Úkosy

Po dokončení výrobního cyklu vstřikování dochází během tuhnutí taveniny postupnému smršťování dílu uvnitř dutiny formy. Aby se docílilo bezproblémového odformování, jsou na dílech vyžadovány úkosy, viz tab. 2.2. Velikost smrštění není závislá pouze na typu plastu, ale také na zvolených technologických parametrech (teplota formy, velikost a doba dotlaku apod.). Výrobek se primárně smršťuje směrem k vnitřnímu tvaru dílu, resp. na jádro, proto by vnitřní úkosy měly být vždy větší oproti vnějším úkosům. Obecně platí, že minimální hodnota úkosu pro nevyztužené semikrystalické plasty je cca $0,5^\circ$, pro plněné a amorfni plasty alespoň $1,5^\circ$. V případě úpravy povrchu dutiny formy, např. dezénováním nebo pískováním, se vytvoří textura, která při vyhazování dílu z formy působí jako miniaturní podkos. V tomto případě se doporučuje zvýšit úkos o 1° na každých 0,015 mm hloubky dezénu [3, 6].

Tab. 2.2 Doporučené hodnoty úkosů u plastových dílů, upraveno dle [3, 4]

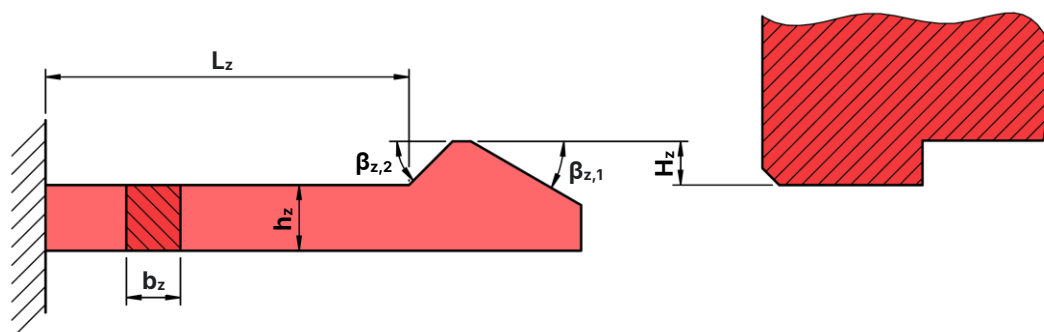
Směr úkosu:			
Umístění:	Vnější plochy	Vnitřní plochy	Žebra
Úhel sklonu:	$(15'), 30', (45'), 1^\circ, 2^\circ$	$30', 1^\circ, 2^\circ, 3^\circ$	$2^\circ, 3^\circ, 5^\circ, 10^\circ$

2.1.3 Západkové spoje

Jednou z nevýhod plastových materiálů je oproti ocelím jejich nízká pevnost a vysoká pružnost. Tyto nevýhody se dají přeměnit ve výhodu, např. při návrhu rozebíratelných plastových dílů. Západkové spoje umožňují jednoduchou montáž a demontáž bez potřeby spojovacího materiálu. Díky tomu si součást zanechává svoji estetickou stránku a zároveň se snižují montážní časy ve výrobě [4, 6, 7]. Základní funkční požadavky na západkové spoje jsou následující:

- navržený spoj musí fungovat do meze pružnosti plastového materiálu,
- pro zabránění rozpojení spoje musí být koncová část západky opatřena výstupkem,
- západkový spoj s požadavkem na opakovatelné rozebrání musí mít odpovídající geometrii umožňující vyhnutí západky,
- v zaaretovaném stavu by měl spoj vykazovat minimální, ideálně nulovou, zbytkovou napjatost [4, 6].

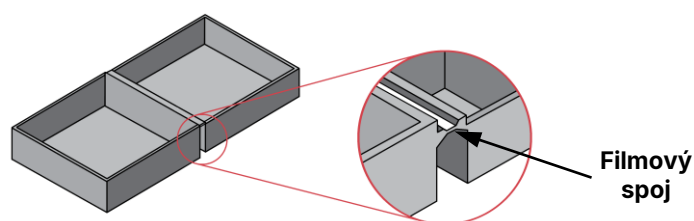
Mezi základní varianty západkových spojů se řadí cylindrické spoje, sférické spoje, standardní západky či západky seskupené do kruhu. Nejběžnějším typem je standardní západkový spoj, jehož konstrukce je složena z vetknutého nosníku, opatřeného na svém konci výstupkem, tzv. retenčním prvkem a protikusem s otvorem, viz obr. 2.2. K zabránění samovolného rozpojení je součástí otvoru výběžek o výšce (H_z), který se shoduje s výškou retenčního prvku. Běžně užívané náběhové úhly ($\beta_{z,1}$) se pohybují v rozsahu $25^\circ \div 35^\circ$. Pro aplikace s požadavkem na snadnou demontáž se volí uvolňovací úhel ($\beta_{z,2}$) okolo 35° . Co se týká těla západky, zde se uvádí, že její délka (L_z) by měla být přibližně (5 ÷ 10)násobek tloušťky (h_z) v místě vetknutí [3, 7].



Obr. 2.2 Schéma standardní západky, upraveno dle [3]

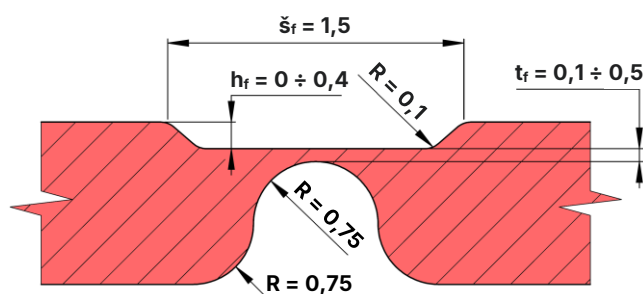
2.1.4 Spoje ohybem

Navrhování ohebných plastových spojení může být v praxi dosti náročné. Obvykle je spojení dvou plastových součástí realizováno tradičním čepovým spojem. Existuje však konstrukční řešení, které nevyžaduje žádné nadbytečné součásti ani jejich montáž. Tato varianta je nazývána jako filmový spoj, v anglickém jazyce známá pod názvem „living hinge“, což je druh tenkého plastového spoje, který umožňuje ohyb součástí v daném místě v rozsahu od 0° až 180° , viz obr. 2.3. Během ohýbání vzniká na vnější straně spoje tahové a na vnitřní straně tlakové napětí, proto je důležité dodržet určité konstrukční zásady. U příliš tenkých spojů dochází k únavovým prasklinám, čímž se výrazně zkracuje jejich životnost. V opačném případě, zvolením příliš velké tloušťky, by nedocházelo k naorientování makromolekul při tečení taveniny u ohybu a spoj by praskal [8–10].



Obr. 2.3 Příklad aplikace filmového spoje na krabičce, upraveno dle [11]

Navrhování filmového spojení vychází z doporučených geometrických a rozměrových kritérií, viz obr. 2.4. S rostoucí tloušťkou nejužšího místa spoje klesá orientace makromolekul, proto by tloušťka neměla přesahovat hodnotu 0,5 mm. Další významný vliv na orientaci makromolekul má také tok taveniny, proto se doporučuje velikost hlavního rádiusu přibližně 0,75 mm. Geometrie není jediným parametrem, který má vliv na kvalitu spoje. K dosažení spoje s dlouhou životností má vliv i umístění vtoku. Vtok se umísťuje tak, aby se makromolekuly dokázaly během procesu plnění podélně naorientovat, ale zároveň aby nedocházelo ke studenému spoji. Dále hraje velkou roli použitý materiál, nejvhodnější je PP a PE s vysokou tažností [8–10].



Obr. 2.4 Doporučené rozměry filmového spoje, upraveno dle [8, 12]

2.2 Úvod do konstruování vstřikovacích forem

Vstřikované díly jsou vyráběny technologií vstřikování za pomoci nástroje, tzv. vstřikovací formy, což je komplexní systém složený z desek, dutiny, rámu a dalších spojovacích a vodících prvků [13, 14]. Při této technologii je vstřikován zplastikovaný materiál do tvarové dutiny formy, kde výrobek po ochlazení získá požadovaný tvar a rozměr. Základní funkce vstřikovací formy jsou vyobrazeny na obr. 2.5 [13, 15].



Obr. 2.5 Základní funkce vstřikovací formy, upraveno dle [16]

Vstřikovací formy jsou konstrukčně velmi rozmanité a lze je klasifikovat do několika skupin. Nejčastěji se rozdělují podle:

- **způsobu zaformování dílu** (dvoudeskové, tříděskové, etážové, vytáčecí, čelistové apod.),
- **násobnosti formy** (jednonásobné, vícenásobné, „family“),
- **konstrukce vstřikovacího stroje** (vstřikování do dělicí roviny nebo kolmo na dělicí rovinu),
- **typu vtokového systému** (horký vtokový systém, studený vtokový systém) [17, 18].

2.3 Metodika návrhu vstřikovací formy

Cílem návrhu vstřikovací formy je splnění technických požadavků zajišťující její správnou funkci při výrobě plastové součásti. Mezi tyto požadavky patří např. počet vyrobených dílů při jednom cyklu, geometrická přesnost dílu a celková kvalita výsledné plastové součásti. Kromě technických požadavků je konstruktér vystaven také ekonomickým kritériím. Pořizovací náklady na vstřikovací formu se odvíjí od konstrukční složitosti formy, množství materiálu potřebného k její výrobě a náročnosti

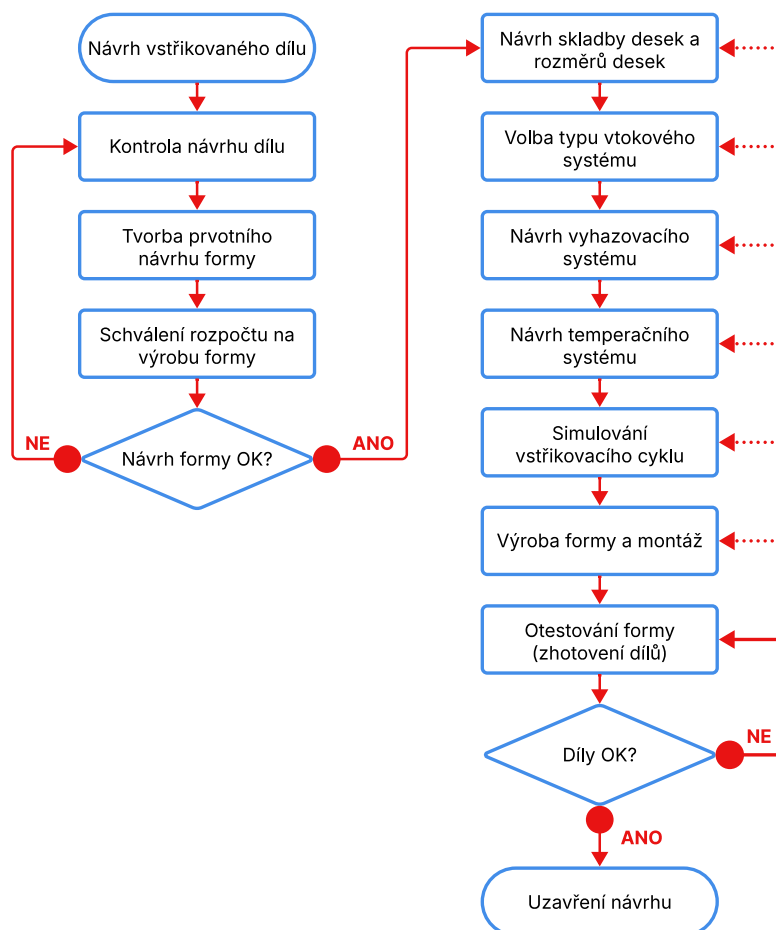
výrobní technologie [13, 19]. V praxi je tedy snahou dosáhnout ideálního kompromisu mezi požadavky na zhotovený díl a finančními náklady na výrobu formy [19].

Vstřikovací formy jsou vystaveny v delším časovém intervalu cyklickým výkyvům vysokých teplot a tlaku. Díky tomu jsou na konstrukci vstřikovacích forem kladeny vyšší nároky oproti formám používaných při ostatních technologiích zpracování plastů, jako je tvarování nebo vyfukování [14, 17]. K dosažení kvalitní vstřikovací formy je potřeba splňovat základní konstrukční kritéria:

- vysoká geometrická přesnost a požadovaná jakost funkčních ploch,
- adekvátně nadimenzovaná vtoková soustava, vhodný vyhazovací systém a temperační systém, dostatečné odzdušnění dutiny,
- vysoká pevnost a tuhost rámové konstrukce,
- volba vhodného materiálu pro výrobu formy,
- splnění životnosti formy pro požadovaný počet cyklů [3, 4].

Hlavním podkladem pro realizaci konstrukce vstřikovací formy slouží výrobní výkres vyráběné součásti a popř. u složitějších výrobků také 3D CAD model součásti [20]. Výrobní výkres dílu musí kromě informací o materiálu a základních rozměrech zahrnovat také všechny detaily, jako jsou tolerance funkčních rozměrů, geometrické tolerance, drsnosti povrchu, povrchové úpravy apod. [13, 21]. Po kontrole a schválení navržené součásti je možné vytvořit prvotní („hrubý“) návrh formy, což zahrnuje volbu skladby desek (třídeskové, dvoudeskové, atd.), předběžné určení typu vtokového systému (horký / studený), druhu vyhazování apod. S předběžným návrhem souvisí také volba materiálu, popř. tepelné zpracování. To má přímý vliv na životnost formy a její celkovou ekonomickou nákladnost. Úspěšným dokončením prvotního konceptu je konstrukční řešení schválené ke konečnému návrhu. V této fázi vývoje se v postupném sledu podrobně navrhují jednotlivé části a systémy vstřikovací formy, viz vývojový diagram na obr. 2.6. Nedílnou součástí při návrhu jednotlivých částí jsou také parametry související s upnutím formy na vstřikovací stroj. Do těchto parametrů se řadí světlá vzdálenost sloupků stroje určující maximální šířku formy a velikost zdvihu uzavírací jednotky, udávající největší možné zavření a otevření formy. Dále to může být typ upínání formy (mechanické, magnetické, atp.), průměr středících kroužků, tvar vstřikovací trysky stroje, druh vyhazování atd. V neposlední řadě se může provést virtuální ověření konstrukce formy za pomoci simulačních softwarů (Cadmould, Sigmasoft, Moldflow, atd.). To umožňuje nasimulovat vstřikovací cyklus včetně např. průběhu tečení taveniny do dutiny formy. Výsledkem

simulace pak i je předpověď smrštění, rizikové oblasti s uzavřeným vzduchem, orientace makromolekul, smykové namáhání taveniny, účinnost temperačního systému a mnoho dalších výsledků. Simulace tak umožňuje provést konstrukční úpravy na vstřikovací formě ještě ve fázi vývoje, před vyrobením. Návrh formy může být uzavřen až poté, co se provede úspěšné testování formy a zhotoví se díly s požadovanou kvalitou [22].



Obr. 2.6 Vývojový diagram návrhu vstřikovací formy, upraveno dle [16, 23]

2.3.1 Obecná konstrukční doporučení při návrhu formy

K dosažení vstřikovací formy v odpovídající kvalitě se kromě hlavních konstrukčních kritérií udávají konstrukční doporučení doprovázející konstruktéra při jejím návrhu. V následujících bodech jsou tyto požadavky sepsány:

- každá komponenta vstřikovací formy by měla být vyrobena z odpovídajícího materiálu s ohledem na jeho pevnost, houževnatost, obrobitelnost, odolnost proti opotřebení, tepelnou zpracovatelnost a požadovanou životnost,
- z ekonomického hlediska je vhodné zvolit co nejmenší rozměry desek rámu, které ale zároveň splňují požadavky na konstrukci formy,

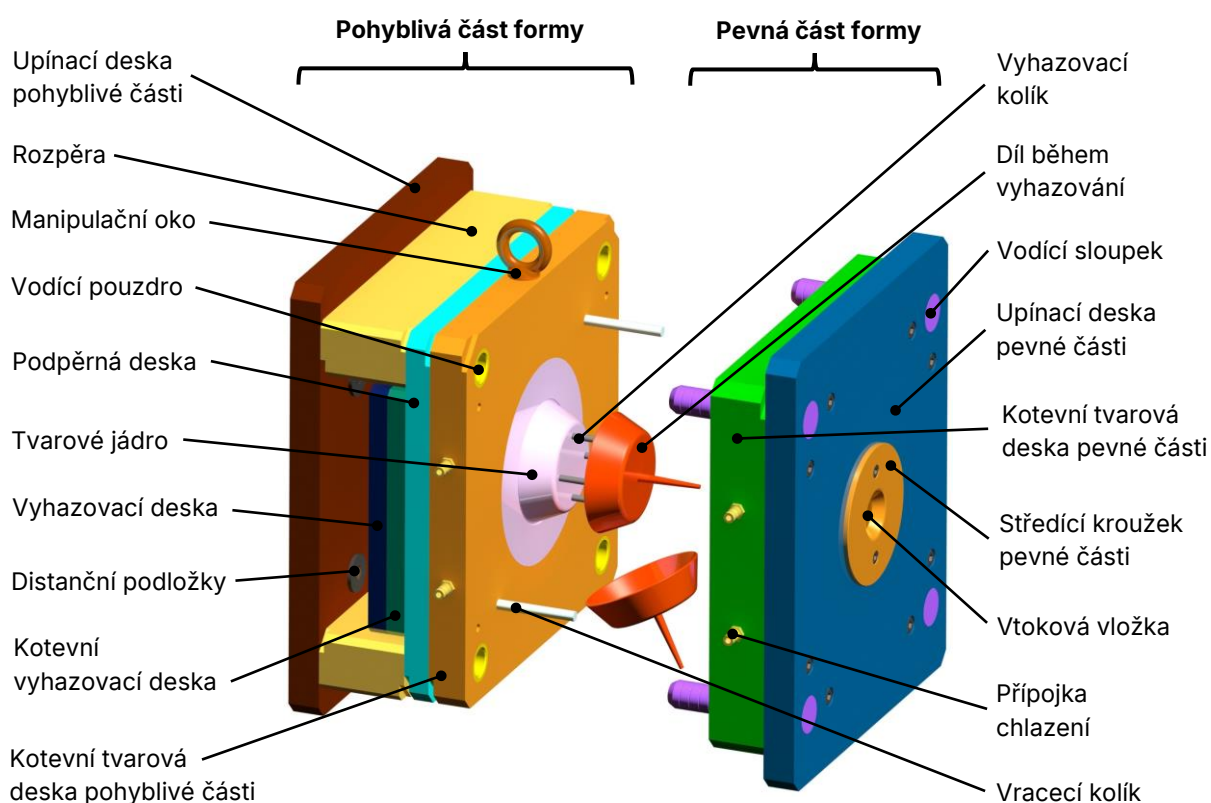
- vtokový systém u vícenásobných forem by měl být opatřen co nejkratšími rozváděcími kanály, aby byly tlakové ztráty vlivem délky dráhy tečení co nejmenší,
- vzhledem k životnosti tvárníku a tvárnice by měla být styčná plocha v dělicí rovině co největší,
- v případě vedení formy vodícími sloupky je doporučeno zvolit jeden sloupek o jiném průměru, aby se vytvořil tzv. Poka-Yoke systém, a zabránilo se tak neúmyslnému otočení formy při montáži,
- forma musí být opatřena zámkem, aby nedošlo k otevření při přepravě,
- montážní oko na vrchní straně formy musí být vždy umístěno v ose procházející těžištěm formy,
- v případě dlouhých forem je vhodné podepřít tvarovou desku na pohyblivé části podpěrnými válci, které zabraňují její elastické deformaci,
- podpěrné válce by měly být vždy umístěny tak, aby se nacházely mimo oblast středícího kroužku,
- zdvih vyhazovacího systému musí být navržený tak, aby bylo zajištěno bezproblémové odformování dílu, což je uváděno jako alespoň 1,5násobek výšky dílu,
- při použití vyhazovače menším jak 3 mm, je z technologického hlediska vhodné předvrtat tento otvor větším vrtákem, a to až do $\frac{3}{4}$ hloubky díry,
- zásuvka pro napájení horkého rozvodu musí být umístěna tak, aby v jejím okolí bylo dostatek místa pro připojení kabelu,
- u temperačních kanálů v místech proudění chladícího média, by neměla být příliš slabá stěna mezi kanálem a vnějším tvarem, aby nedošlo k destrukci materiálu vlivem koroze a následnému úniku kapaliny,
- přípojky na temperační systém je vhodné zapustit do desky formy tak, aby nemohlo dojít k jejímu uražení při transportu,
- pro dutinu s dlouhou dráhou tečení se doporučuje na jejím konci zhotovit odvzdušňovací drážky pro odvod plynů [13, 23, 24].

2.4 Skladba desek a částí vstřikovací formy

Složení vstřikovací formy lze charakterizovat jako souhrnnou sestavu paralelně uspořádaných desek s různou funkcí, které jsou vůči sobě vystředěny pouzdry a vzájemně spojeny šrouby [13]. Jednotlivé součásti formy mohou být nakupované nebo zakázkově vyráběné. V dnešní době se převážná

většina forem vyrábí právě ze standardizovaných komponent stavebnicových systémů, které jsou volně dostupné na trhu [13, 25].

K popisu skladby desek vstřikovací formy byla zvolena forma s nejjednodušším konstrukčním řešením, tj. dvoudeskové uspořádání se studeným kuželovým vtokem, viz obr. 2.7. Tato konstrukce je složena ze dvou polovin, resp. z pevné části a pohyblivé části formy, jež jsou rozděleny pouze jednou hlavní dělicí rovinou. Základem pohyblivé části formy je tvarové jádro (tzv. tvárník) ukotvené v kotevní tvarové desce, středící pouzdra, vodící sloupky, podpěrná deska, rozpěry, upínací deska, středící kroužek, a také obvykle vyhazovací systém. Pevná část formy obsahuje tvarovou vložku (tzv. tvárnici) vloženou v kotevní tvarové desce, vodící pouzdra, podpěrnou desku, upínací desku, středící kroužek s otvorem a vtokovou vložku. Při samotném procesu vstřikování je tavenina plastu vstřikována z trysky vstřikovací jednotky skrz vtokovou vložku a v tomto případě až přímo do tvarové dutiny formy. Po kompletním vyplnění dutiny formy a dotlaku probíhá ochlazení taveniny, díky čemuž výrobek získá potřebný tvar. Na konci fáze chlazení se otevře vstřikovací forma a následně je dopředným pohybem vyhazovacího systému pomocí vyhazovacích kolíků díl společně s vtokovým kuželem odformován [13, 17, 25].



Obr. 2.7 Model dvoudeskové vstřikovací formy [vlastní]

2.4.1 Komponenty vstřikovací formy

Upínací deska pevné části formy

Upínací deska slouží k přichycení kotevní tvarové desky a případné podpěrné desky ke vstřikovací jednotce stroje. Oproti ostatním deskám rámu, má upínací deska po stranách přesahy, jenž nabízejí dostatek prostoru pro upínací prvky (nejčastěji upínací příložky). Na ploše desky, která je ve styku se strojem, se nachází přesný otvor pro středící kroužek [4, 25].

Upínací deska pohyblivé části formy

Kromě pevné části formy musí být ke stroji přichycena také pohyblivá část formy. Upínací deska drží rozpěry, podpěrnou desku a kotevní tvarovou desku na uzavírací jednotce. Na desce je opět přesný otvor pro středící kroužek. V případě, že pohyblivá část formy postrádá podpěrnou desku, je možné ukotvit vodící čepy vyhazovacího systému právě do upínací desky [4, 25].

Rozpěra

Rozpěry jsou podpěrné ocelové kvádry, umístěné mezi upínací deskou pohyblivé části formy a tvarovou deskou (tvárnici), eventuálně mezi podpěrnou deskou. Výška rozpěry zajišťuje požadovaný rozsah pohybu vyhazovacího systému [4, 25].

Podpěrná deska

K zamezení průhybu tvarové desky pohyblivé části formy při vstřikování slouží tzv. podpěrná deska. Tento komponent zároveň zvyšuje tuhost pohyblivé části formy a mohou být do ní přidělány vodící čepy vyhazovacího paketu [4, 25].

Kotevní tvarová deska pohyblivé části formy

Kotevní tvarová deska slouží k ukotvení tvarového jádra a vytvoření tak části dutiny formy. Na desce bývají zhotoveny přesné kapsy, do kterých jsou jádra vložena a přišroubována. Do kotevní tvarové desky pohyblivé části formy se nejčastěji umísťují také vodící pouzdra. Pokud se část dutiny obrobí přímo do desky, neoznačuje se již jako kotevní deska, ale jako tvárník [4, 25].

Kotevní tvarová deska pevné části formy

Druhá část tvarové dutiny je vytvořena za pomoci kotevní tvarové desky pevné části formy. Stejně tak jako u pohyblivé části formy se na pevnou část umísťují tvarové vložky nebo se přímo obrábí (tj. tvárnice). Kotevní tvarová deska pevné části formy mívá v sobě uložené vodící sloupky [4, 25].

Izolační deska

Izolační deska slouží ke snížení úniku tepla z vytemperované formy do rámu stroje. Umísťuje se mezi upínací desku a upínací plochu na stroji [25].

Středící kroužek

Pro vystředění dané poloviny formy ke stroji slouží středící kroužek. Jedná se o ocelový disk s osazením o přesném průměru, který je přišroubovaný k upínací desce formy a zapadá do otvoru na upínací desce stroje. Středícím kroužkem pro slícování pevné poloviny formy je umístěna tryska vstříkovací jednotky, proto musí být uvnitř otvor s dostatečným sražením, aby nedocházelo ke kolizi při příjezdu vstříkovací jednotky do pracovní pozice. V případě vystředění pohyblivé části formy mají kroužky uprostřed průchozí otvor (popř. otvory) s vůlí pro vyhazování, vyrobené dle průměru vyhazovací vložky [4, 25].

Středící pouzdra

Středící pouzdra se používají k vystředění polohy desek formy vůči sobě. Na pohyblivé polovině formy obvykle mezi sebou vystřed'ují upínací desku a rozpěry, na pevné polovině formy upínací desku a podpěrnou desku [4, 25].

Vodící sloupek

Při každém cyklu dochází k otevření a opětovnému zavření formy. K správnému navedení pohyblivé poloviny formy do pevné slouží vodící sloupky. Jedná se o ocelové kolíky s broušeným povrchem, které jsou obvykle opatřeny nákrůžkem a mazacími drážkami. Při pohledu na základnu formy (tj. rovina rovnoběžná s upínací plochou stroje) jsou sloupky rozmístěny v rozích desek [4, 25].

Vodící pouzdro

Aby vodící sloupek nezajížděl přímo do tvarové desky, vkládají se proti vodícím sloupkům vodící pouzdra. Pouzdra mají broušený povrch a vyrábí se z nástrojové oceli. Existuje však i varianta, tzv. bezúdržbová pouzdra, což je typ zhotovený z mosazi s vloženými grafitovými vložkami. Díky tomu se dosáhne celoživotního mazání pouzdra [4, 25].

Vtoková vložka

Jedná se o vložku s kuželovým otvorem, kterou protéká roztavený materiál do dutiny formy, popř. do rozváděcích kanálů. Při vstříkování a dotlaku je vložka pevně ve styku s tryskou stroje. K dosažení ideální těsnosti se čelo vložky konstruuje dle geometrie trysky vstříkovací jednotky. V závislosti na typu trysky se vyrábí čelo rovné nebo čelo s vnitřním rádiusem [4, 25].

Tvarová vložka a tvarové jádro

Tyto vložky a jádra se umísťují do tvarových desek a slouží k vytvoření dutiny formy. To umožňuje výrobu tvarových desek z méně kvalitních materiálů, než je tomu u tvarových vložek a jader, čímž se snižuje výrobní cena formy [4, 25].

Vyhazovací deska

Hlavní vyhazovací deska je spojena s vodícím čepem vyhazovacího stroje. Do desky jsou ukotveny vodící pouzdra vyhazovacího stroje a zároveň jsou o ni opřeny vyhazovací a vraccí kolíky [4, 25].

Kotevní vyhazovací deska

Jedná se o druhou desku z vyhazovacího systému, která je sešroubovaná společně s vyhazovací deskou. Jak již název napovídá, do kotevní vyhazovací desky jsou ukotveny vyhazovací a vraccí kolíky [4, 25].

Vyhazovací a vraccí kolíky

Vyhazovací kolíky slouží k odformování dílu při otevření formy a jsou vedeny skrz desky až do její dutiny. Čelo kolíku je buď rovné nebo zabroušené s tvarem dutiny. Vraccí kolíky jsou vedeny skrz desky stejně jako vyhazovací kolíky, avšak oproti nim jsou umístěny mimo dutinu formy, tj. dělicí rovina. Vraccí kolíky slouží k navrácení vyhazovacího systému při zavírání formy do své výchozí polohy [4, 25].

Distanční podložky

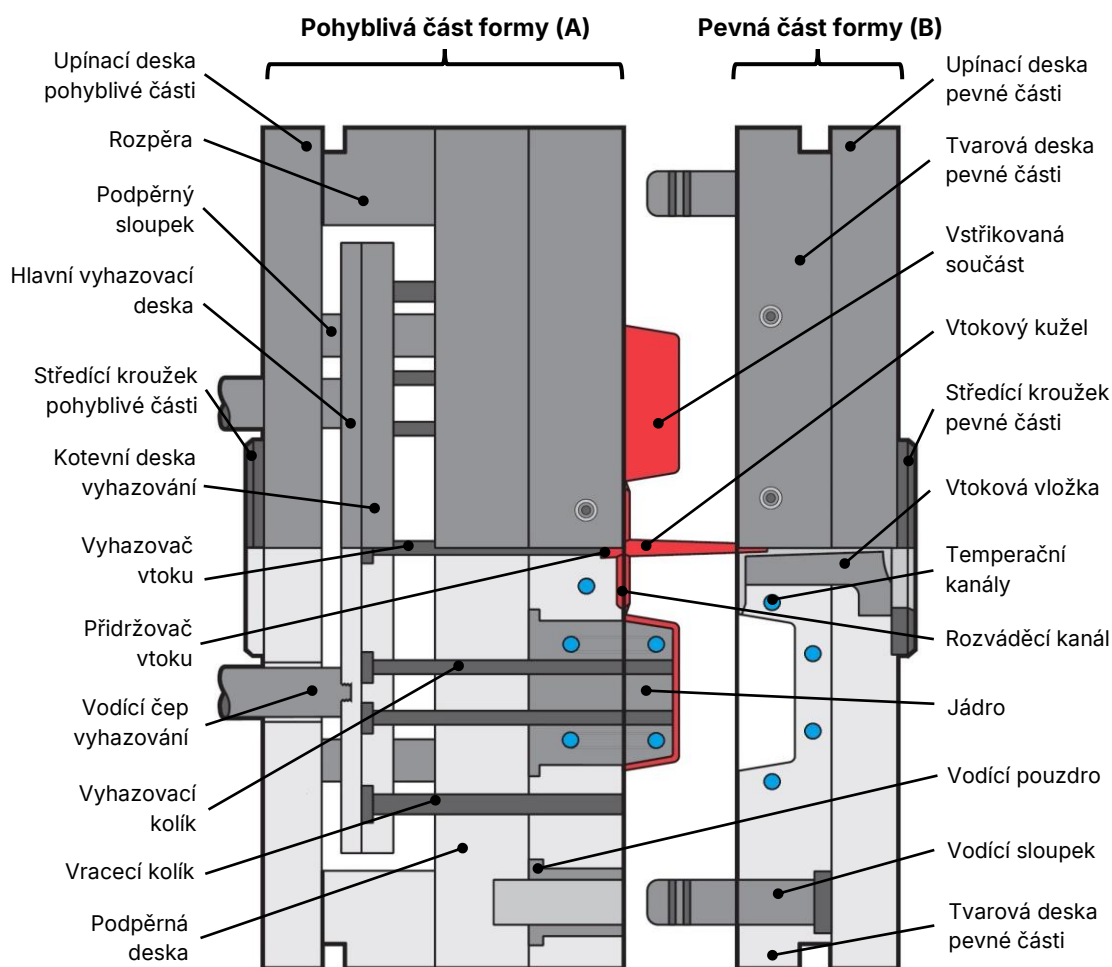
Jedná se o destičky přišroubované k upínací desce nebo hlavní vyhazovací desce a slouží jako zářky vyhazovacího systému. Dále plní funkci přesného vymezení kolíků při zavření formy [4, 25].

2.5 Konstrukční řešení vstřikovacích forem

Již zmíněné dvoudeskové uspořádání tvoří společně s třidedskovou skladbou desek základní konstrukční typy forem [13]. Mezi složitější konstrukční varianty se řadí tzv. etážové vstřikovací formy, které obsahují několik tvarových dutin s dělicími rovinami uspořádané za sebou, a umožňují tak zhotovení více výrobků při jednom výrobním cyklu [18, 23]. K výrobě plastových součástí s vnitřním nebo vnějším závitem se konstruuje tzv. vytáčecí formy s otočným jádrem, popř. otočnou tvarovou vložkou. Výrobky, které není možné odformovat běžným způsobem, např. kvůli podkosům nebo bočním otvorům, musí mít dutinu složenou z posuvných čelistí, díky čemuž jsou nazývány jako čelistové formy [18, 26]. Tato kapitola je zaměřena na základní varianty forem, tj. dvoudeskové a třidedskové uspořádání.

2.5.1 Dvoudeskové vstřikovací formy

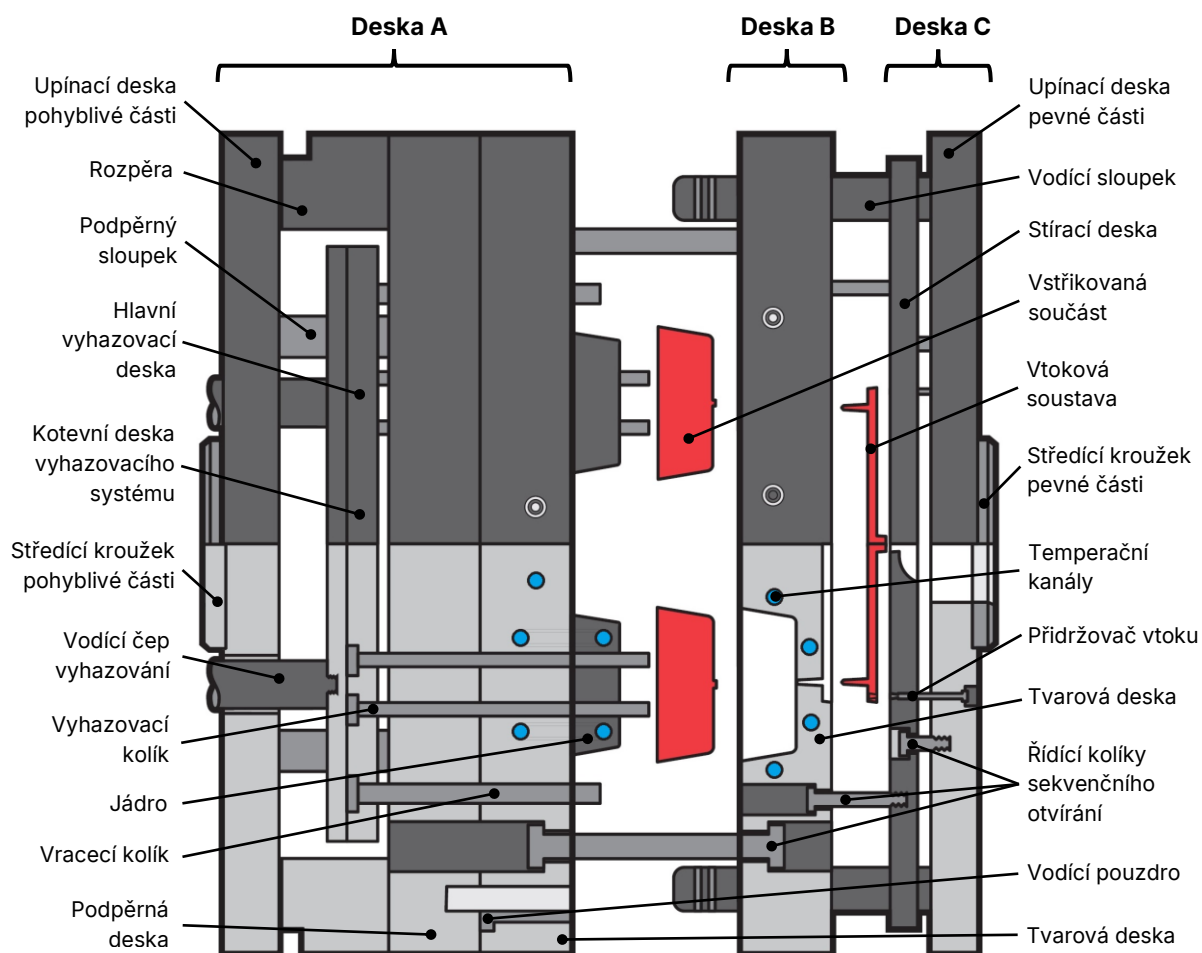
Dvoudeskové vstřikovací formy tvoří jednu ze základních konstrukčních variant vstřikovacích forem. V praxi se jedná o velmi oblíbený typ formy, neboť v kombinaci se studeným vtokem se nabízí jako nejjednodušší konstrukční řešení a z ekonomického hlediska i nejúspornější. V opačném případě existuje finančně náročnější varianta dvoudeskové formy s horkým vtokovým systémem. U této varianty odpadá vznik studeného zbytku z vtokového systému, čímž dochází k úspoře materiálu a zvyšuje se tak efektivita. Konstrukce dvoudeskových forem se vyznačuje pouze jednou hlavní dělicí rovinou, avšak v případě aplikace posuvných jader či čelistí do dutiny formy se mohou vyskytovat i další dělicí roviny, tzv. vedlejší [13, 17]. Na obr. 2.8 je znázorněno schéma částečného řezu dvounásobnou vstřikovací formou se studeným kuželovým vtokem a rozváděcími kanály. Funkce a činnost dílčích částí byla již podrobně popsána v kapitole 2.4.1.



Obr. 2.8 Schéma v částečném řezu dvoudeskovou vstřikovací formou [4]

2.5.2 Třídeskové vstřikovací formy

Třídesková forma se od dvoudeskové formy liší tím, že využívá dvě dělící roviny (hlavní a vedlejší). Konstrukce nástroje je rozdělena na tři samostatné deskové sestavy, které se při otevírání od sebe postupně rozpojují [27, 28]. Díky tomu je možné vyhodit z formy zvlášť vyrobený díl a vtokovou soustavu, viz obr. 2.9. Sekvence otevírání formy je řízena systémem vazeb mezi třemi hlavními deskami formy, a to nejčastěji za pomoci řídicích kolíků. Forma se nejprve otevře v hlavní dělící rovině, čímž se oddělí bodové ústí a součást se uvolní od vtokového systému. Poté se forma otevře ve vedlejší dělící rovině, přičemž vtoková soustava je přidržována na pevné části formy, aby se usnadnilo vyjmutí vtokového systému z dutiny. V poslední fázi je vtoková soustava vyhozena např. stírací deskou z formy a také tak tomu je u zhotovených dílů, ale za pomoci vyhazovacích kolíků [4, 17, 28].



Obr. 2.9 Schéma v částečném řezu třídeskovou vstřikovací formou [4]

Kromě výroby součástí s odděleným studeným vtokem, je dalším přínosem umístění bodového ústí do středu dílu. To má výhodu u rotačně symetrických dílů, jako jsou misky, kelímky apod. Oproti tomu je hlavní nevýhodou složitost konstrukce a velké množství odpadního materiálu ze studených vtoků. Rovněž bodová ústí vytváří úzký průřez ve vtokové soustavě, což má za následek velké smykové namáhání taveniny při tečení. Z těchto důvodů se nedoporučuje vstřikovat termopolymerní materiály na bázi styrenu, např. PS, ABS, či SAN, nebo plasty modifikované retardéry hoření a některými barvivy [4, 17].

Protože se jedná o typ nástroje se složitou konstrukcí, je výroba třídeskové formy časově i finančně náročnější oproti klasickým dvoudeskovým formám. Vzhledem k rozšiřování distribuce horkých vtokových systémů se dosahuje stále vyšší finanční dostupnosti této technologie. To je hlavním důvodem, proč se v současné době konstrukce třídeskové vstřikovací formy nahrazuje za konstrukci dvoudeskovou s horkým rozvodem [29].

2.6 Vtokové systémy

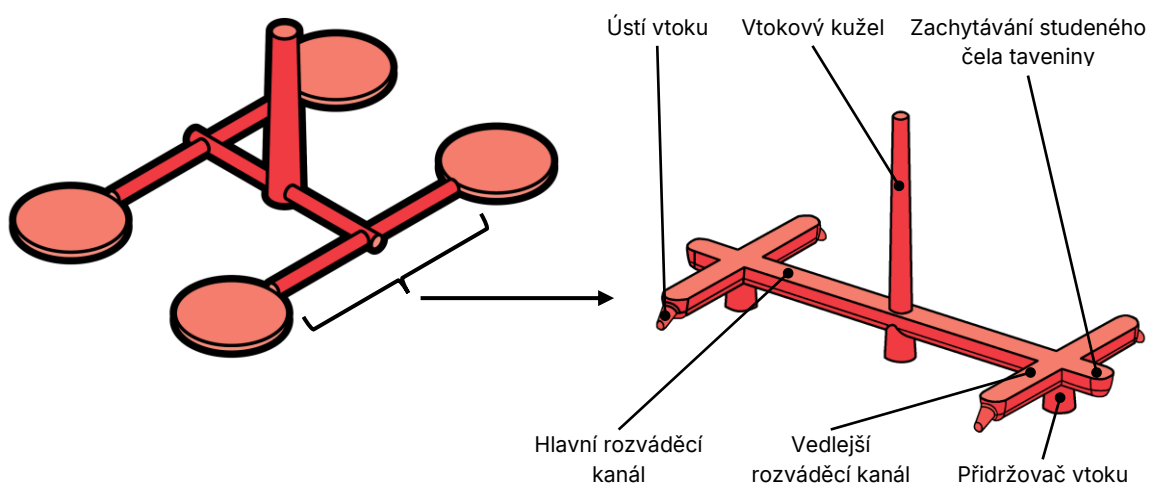
Pojem vtokový systém je užíván pro soustavu vtokových a rozváděcích kanálů, společně s vtokovým ústím, kterými je dopravována tavenina plastu z plastikační jednotky přes trysku stroje do dutiny vstřikovací formy. Konstrukce těchto částí má významný vliv na proces vstřikování i samotnou kvalitu výrobku. Vtokový systém v rámci vstřikovacího cyklu ovlivňuje rychlost vstřikování, resp. délku cyklu, rovnoměrnost plnění dutiny a velikost a dobu dotlaku. Správné navržení vtokové soustavy se projevuje zejména u vícenásobných forem. Při špatném nadimenzování vtokových kanálů vzniká nerovnoměrné tečení taveniny skrz vtokový systém, což vede k odlišnostem mezi hmotností, rozměry a mechanickými vlastnostmi jednotlivých výrobků. Pro dosažení vtokového systémů s rovnoměrným plněním musí být k jednotlivým dutinám ideálně stejně dlouhá dráha tečení. Vtoky se dle provedení rozdělují na studené vtokové systémy a horké vtokové systémy [13, 30]. Následující kapitoly stručně popisují studené vtokové systémy a věnují se převážně modernějšímu řešení, tj. horkým vtokovým systémům.

2.6.1 Studený vtokový systém

Studené vtokové systémy se řadí mezi nejzastoupenější typ vtokových systémů používaných při konstrukci forem. V současnosti se udává, že až 70 % vstřikovacích forem obsahuje studený rozvod [30]. Tato technologie neobsahuje

žádná topná tělesa ani horké trysky, proto je z ekonomického hlediska velmi výhodná. Tavenina plastu se při průchodu tímto systémem postupně ochlazuje, a tím se zvyšuje její odpor proti tečení. Vlivem zvyšující se viskozity klesá tlak uvnitř dutiny formy, což může mít za následek zhotovení nedostříknutého dílu, popř. dílu s propadlinami apod. K zamezení těchto vad musí mít studený vtokový systém vhodně nadimenzovaný průřez kanálů a jejich délku [30, 31]. Největší nevýhodou studeného rozvodu je velké zbytkové množství plastu, který se spotřebuje na vyplnění kanálů studeného systému. Vtokový zbytek je následně vyhozen, avšak u většiny plastů (např. PP, PE či ABS) je možné tento materiál znovu použít ve formě recyklátu nebo regenerátu jako příměs k čistému granulátu [32].

Studený vtokový systém se skládá z vtokového kužele, z hlavního rozváděcího kanálu a ústí. U vícenásobných forem a „family“ forem se vyskytují další rozváděcí kanály, obvykle menších průřezů než hlavní, a ty jsou nazývány jako vedlejší rozváděcí kanály. Při proudění roztaveného plastu postupně chladne čelo taveniny, což může být eliminováno vytlačení studeného čela do „slepého místa“, tzv. zachytávače. Další nedílnou součástí vtoku je jeho přidržovač, který při otvírání formy drží vtokový systém na pohyblivé části formy. Na obr. 2.10 je znázorněno schéma čtyřnásobné formy s rozmístěním dutin do tzv. rastru [30, 33].

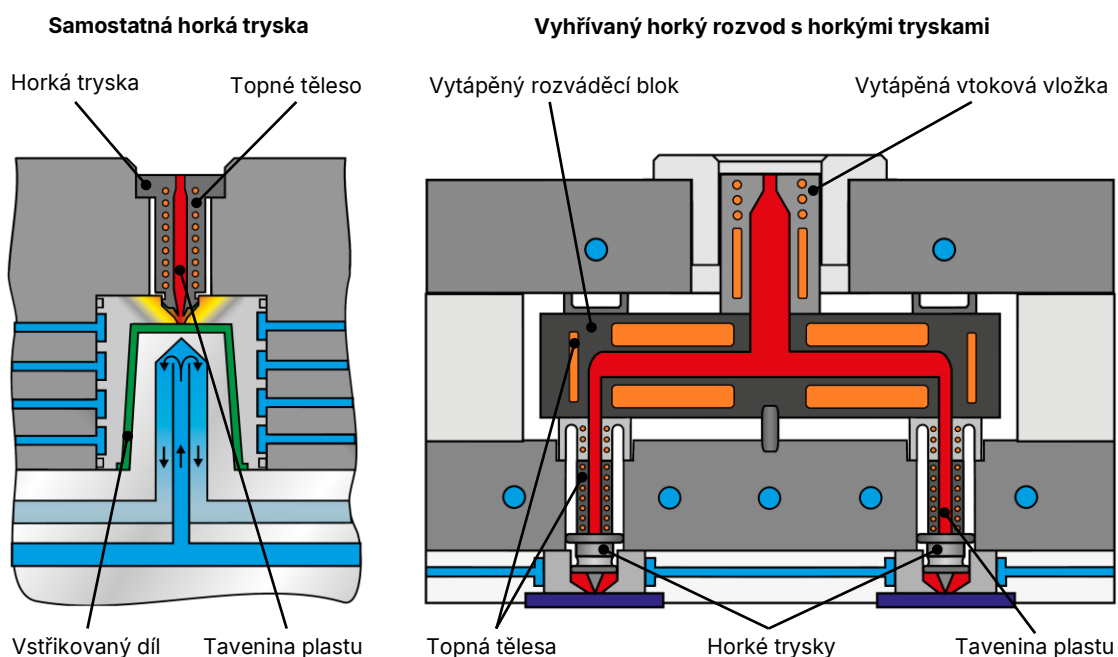


Obr. 2.10 Studený vtokový systém, upraveno dle [4, 34]

2.6.2 Horký vtokový systém

Systémy s horkými vtoky používají vyhřívané kanály k dopravě roztavené taveniny až do dutiny formy. Tento systém udržuje po celou dobu procesu polymerní materiál v tekutém stavu a nedochází tak k jeho ochlazení. Při aplikaci horkých vtokových systémů se docílí výrazné úspory materiálu a zvýšení celkové efektivity

výroby [17, 30]. Např. Kazmer [17] uvádí, že nahrazením studeného vtokového systému za horký dochází obecně až k 20% úspoře materiálu [17]. Další nesmírnou výhodou je zkrácení výrobního cyklu, díky cca 20% eliminaci dodatečné doby chlazení studených rozváděcích kanálů a objemného vtokového kužele [17]. Absence studeného rozvodu zároveň umožňuje delší a efektivnější dotlakovou fázi, proto výrobky zhotovené horkým rozvodem jsou v porovnání se studeným značně kvalitnější a méně náchylnější na vady. Kromě výhod mají horké rozvody také své nevýhody. Největším negativem je vysoká cena systému. Ta může dosahovat až do výše poloviny výrobní ceny formy. Další nevýhodou je vzájemné ovlivňování horkých trysek s rámem formy. V tomto případě může teplo od horkých trysek přestupovat do formy, a to následně prostupovat až na povrch dutiny, kde tepelně ovlivní vyráběný díl. V opačném případě může docházet k nesprávné plnicí fázi v důsledku nadměrného ochlazování horkých trysek vlivem nízké teploty temperačního systému [30, 35, 36]. Jednonásobné formy s horkým vtokovým systémem se skládají pouze z vyhřívané horké trysky, viz obr. 2.11. U vícenásobných forem a „family“ forem obsahuje horký systém kromě vyhřívané trysky také vtokovou vložku a rozváděcí blok s topením, který udržuje po celou dobu plast na teplotě taveniny [30, 37].

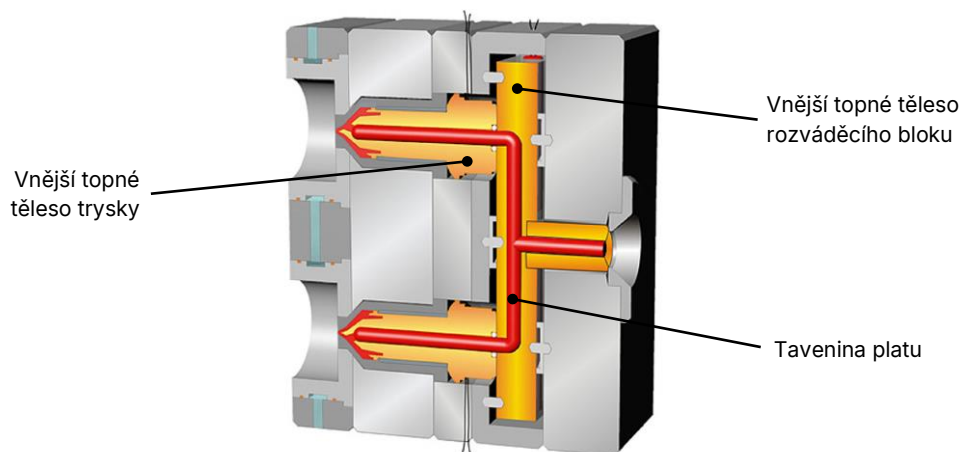


Obr. 2.11 Příklad samostatné horké trysky (vlevo) a vyhřívaného horkého rozvodu (vpravo), upraveno dle [30]

Horké vtokové systémy jsou konstruovány dle způsobu ohřevu horké trysky a rozváděcího bloku. Celkem existují 3 základní konstrukční varianty:

Vnější ohřev rozváděcího bloku a trysky

Nejběžnějším typem horkých rozvodů je konstrukce s externím ohřevem kanálů a trysek, viz obr. 2.12. Topná tělesa jsou umístěna na vnější straně potrubí, odkud prostupující teplo ohřívá plast a udržuje ho tak ve stavu taveniny. V důsledku toho má tato konstrukce nejnižší tlakové ztráty ze všech typů horkých vtoků. Díky dobrému tečení taveniny plastu uvnitř prostorného kanálu je tato varianta vhodná pro materiály citlivé na smykové namáhání a materiály s vysokou viskozitou, např. PC, PS, PET či PMMA [30, 38]. Nevýhoda tohoto uspořádání spočívá v přímém kontaktu topných těles s formou, což může při nesprávné konstrukci negativně ovlivňovat teplotní pole chladicího systému [30, 39].

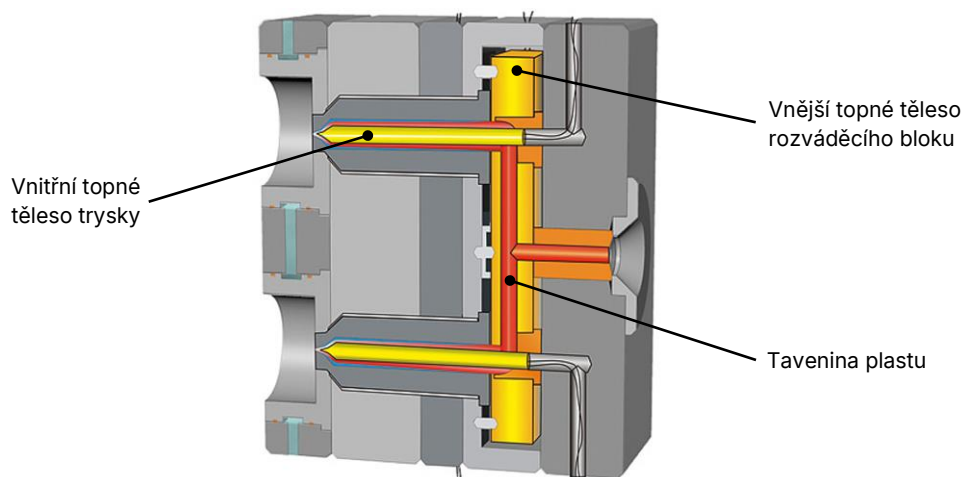


Obr. 2.12 Horký vtokový systém s vnějším ohřevem [30]

Vnější ohřev rozváděcího bloku a vnitřní ohřev trysky

Další variantou je kombinace trysky vytápěné tělesem umístěným uvnitř a horkého rozvodu s vnějším ohřevem, viz obr. 2.13. Vnitřní ohřev trysky může potenciálně zajistit přesnější řízení teploty na špičce, tím pádem i lepší kontrolu nad vzniklou stopou ústí (méně zamrzání, vytékání, vytahování taveniny z trysky apod.). Jelikož je topné těleso obklopeno taveninou plastu, dochází tak k jeho přirozenému odizolování od studené formy. Kromě toho, při tečení taveniny tryskou se na stěně tvoří tenká vrstva, která zatuhne. Tato tzv. zamrzlá vrstva působí jako tepelně izolační těsnění okolo kanálů a snižuje tak možnost úniku tepla v místě spojení rozváděcího bloku a trysek. Vnitřně vyhřívání trysky oproti vnějšímu ohřevu neobsahuje vzduchovou mezeru, čímž se eliminuje možná netěsnost na jejím konci. Mezi

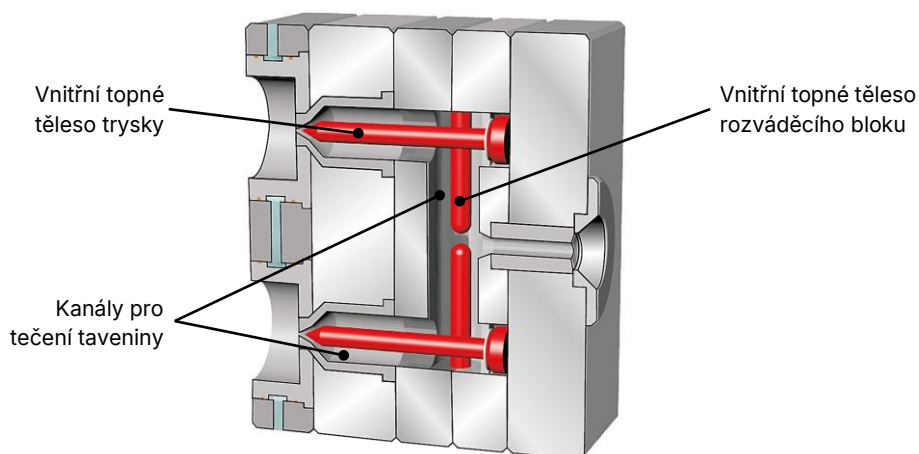
negativní aspekty patří omezený průtok taveniny vzhledem k umístění topných těles uprostřed průtočného kanálu, čímž dochází ke zmenšení průřezu kanálů. To může vést ke stagnaci proudění v závislosti na tom, jak je topné těleso v trysce umístěno. Kombinace těchto faktorů vede ke zvýšení rizika degradaci materiálu a zvýšení tlakových ztrát při plnění formy [30, 39].



Obr. 2.13 Horký vtokový systém s kombinovaným ohřevem [30]

Vnitřní ohřev rozváděcího bloku a trysky

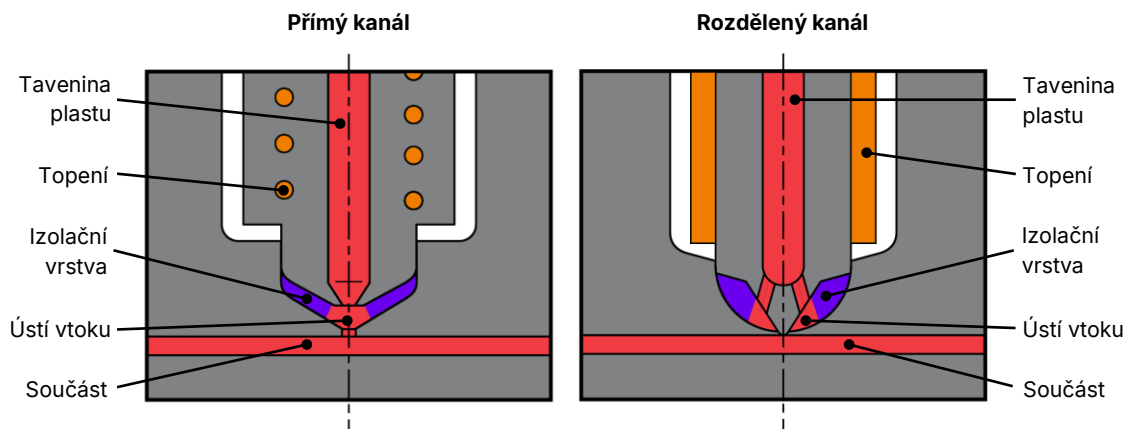
Konstrukce vnitřně vyhřívaného rozváděcího bloku a trysky zajišťuje dobrou izolaci topných těles od okolní formy. Jelikož jsou topná tělesa interní, nedochází k potřebě odizolování rozváděcího bloku a vyhřívaných trysek vzduchovou mezerou. Jak již bylo popsáno v předchozí části této kapitoly, tak i v tomto případě vzniká v rozvodu tenká zamrzlá vrstva plastu izolující taveninu od okolí. Hlavní problém tohoto horkého vtokového systému spočívá v křížení vnitřních topných těles. To má za následek zvýšení oblasti stagnace proudění, kde může docházet k zadržování plastu při tečení, a tím pádem k tepelné degradaci polymeru. Vnitřní topná tělesa obecně vytvářejí pro taveninu velmi špatnou průtočnou cestu. V důsledku toho se tyto systémy nedoporučuje používat pro tepelně citlivé polymery, plasty náchylné na změnu barvy vlivem vysokých teplot nebo plasty s vysokou viskozitou taveniny. Při plnění dutiny formy vykazují kanály s mezikruhovým průřezem nejvyšší tlakové ztráty ze všech typů horkých vtoků [30, 39].



Obr. 2.14 Horký vtokový systém s vnitřním ohřevem [30]

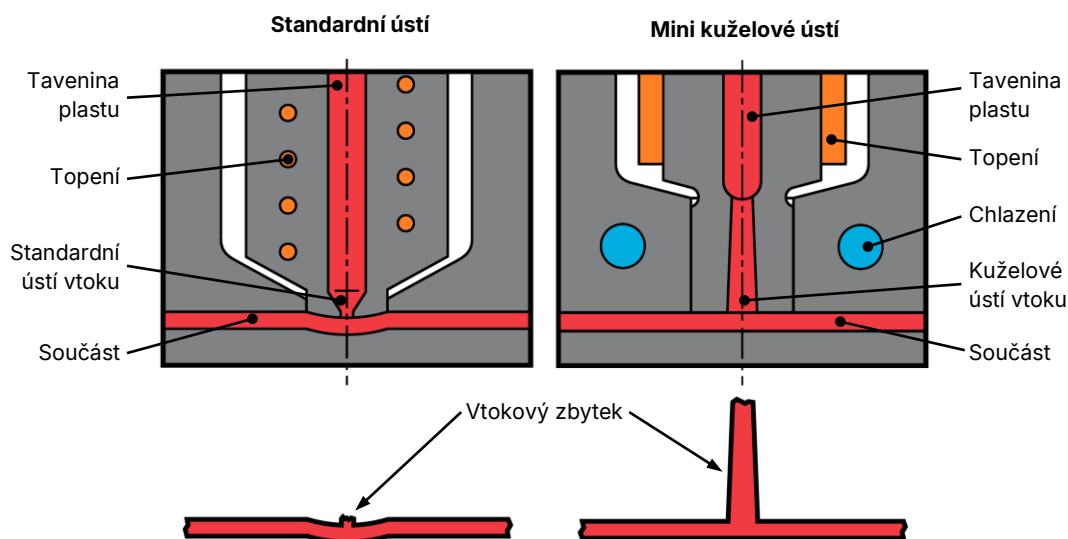
2.6.3 Konstrukce horkých trysek

Horké trysky se kromě dělení na trysky s vnitřním a vnějším ohřevem také kategorizují dle typu ústí vtoku. Konstrukce ústí je jeden z nejnáročnějších aspektů horkých vtokových systémů, protože zajišťuje správné oddělení vtoku od dílu. Tavenina plastu musí zatuhnout tak, aby nedocházelo při otevření formy k jejímu samovolnému tečení z ústí trysky. Naopak, pokud dojde k předčasnému ztuhnutí, vytvoří studené „vlasy“, které zanechají pohledové vady na díle [4, 30]. Nejrozšířenější variantou ústí horkých rozvodů jsou otevřená ústí s izolační vrstvou, viz obr. 2.15. V rozběhové fázi vstřikování je mezera mezi špičkou a stěnou trysky vyplněna taveninou plastu. Tato vrstva zatuhne a vytvoří tak izolační vrstvu plastu, která zůstává na místě až do doby pravidelné údržby. Izolační vrstva začne časem degradovat a uvolňovat spálené částice do taveniny. Z tohoto důvodu se nedoporučuje používat tyto trysky pro vstřikování transparentních dílů a dílů citlivé na spálené šmouhy [4, 30, 40].



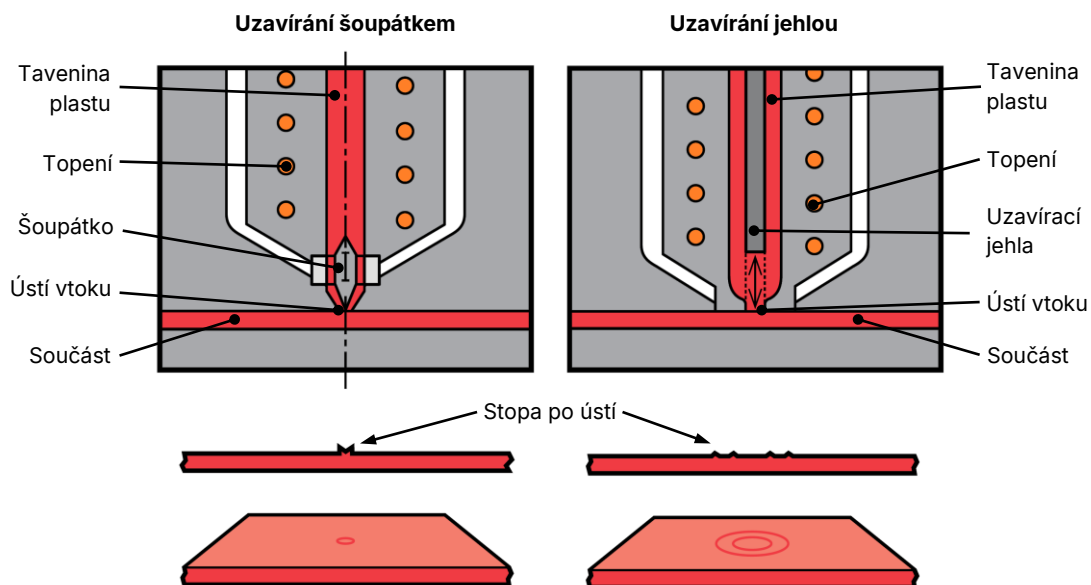
Obr. 2.15 Otevřené horké trysky s izolační vrstvou, upraveno dle [4]

Druhou variantou otevřených horkých trysek je ústí bez izolační vrstvy plastu. Používají se pro vstřikování konstrukční amorfních plastů, jako je PC, ABS či PMMA. Nejrozšířenějším typem ústí u těchto trysek jsou tzv. standardní a mini kuželová ústí, viz obr. 2.16. Topný prvek horkého rozvodu je dále od povrchu formy, díky čemuž nezanechává matná místa v okolí ústí. U mini kuželového ústí je dokonce v jeho blízkosti chladicí kanál, který kužel ochlazuje. Nevýhodou této konstrukce je nepatrný zbytek po oddělení vtokového ústí na díle [4, 16, 30].



Obr. 2.16 Otevřené horké trysky se standardním ústím a ústím s mini kuželem, upraveno dle [4]

Kromě již zmíněných otevřených trysek existují také uzavíratelné horké trysky. Tyto trysky jsou vybaveny mechanickým uzávěrem, který zabraňuje úniku taveniny z ústí trysky. Jedna z variant posuvného uzávěru je zkonstruována pomocí tzv. šoupátka, které je posouváno tokem taveniny a tím uzavírá kanál po vystříknutí dílu. Sofistikovanější variantou je řízení kanálu za pomoci jehly, která je ovládána hydraulickým nebo pneumatickým systémem. Největší výhodou uzavíratelných trysek je nepatrná stopa po ústí vtoku, která na díle zůstane. Naopak největší nevýhodou je výrazně vyšší pořizovací cena oproti otevřeným tryskám [4, 30]. V plastikářském průmyslu se vyskytují vstřikovací formy s uzavíratelnými tryskami u sekvenčního vstřikování. Jedním z příkladů může být zhotovování dílů na „family“ formě, kde má každá dutina jiný objem a uzavřením trysky se zajistí rovnoměrné plnění. Dalším příkladem může být plnění objemné dutiny (např. pro automobilový nárazník) z více vtoků technologií kaskádového vstřikování, kdy se postupně otvírají jednotlivé trysky a vstřikují plast do dutiny formy [41, 42].



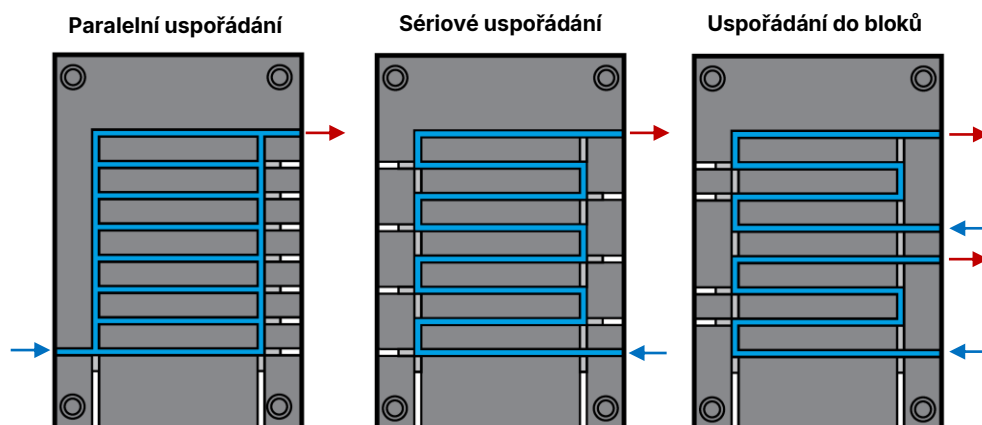
Obr. 2.17 Otevřené horké trysky s uzavíratelným ústím vtoku, upraveno dle [4]

2.7 Temperační systémy

Délka vstřikovacího cyklu je značně závislá na době temperace vstřikované součásti. S tím souvisí konstrukce temperačního systému, který musí v dostatečně krátkém čase odvést teplo z povrchu dutiny formy. Navzdory tomu se návrh temperačního systému často provádí až po návrhu konstrukce vtokového a vyhazovacího systému. To vede k tomu, že je hledán ideální kompromis mezi umístěním kanálů a vyhazovacího systému. V praxi se ustupuje vyhazovacímu systému a chlazení je navrženo tak, aby vyhovovalo z hlediska dostupného prostoru pro jeho umístění a snadnému obrábění, než termodynamickým potřebám vstřikovaného dílu a dutiny formy [4, 16].

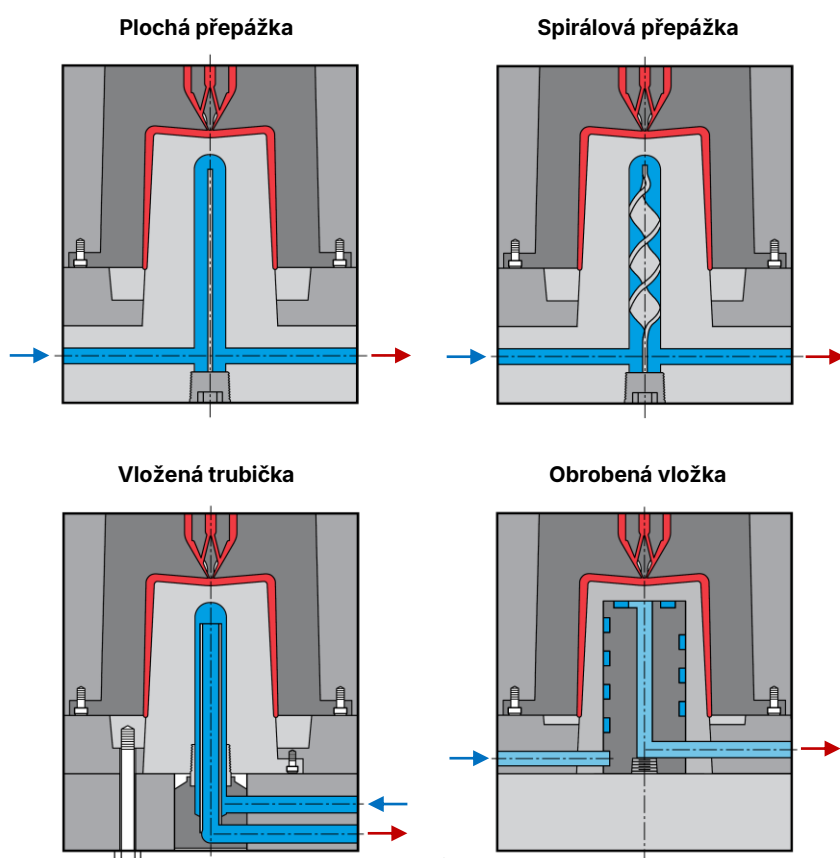
Úkolem temperačního systému je nejenom udržení konstantní teploty v okolí tvarové dutiny formy, ale také odvedení přebytečného tepla přivedeného plastem při vstřikování. Cílem konstruktéra vstřikovacích forem je návrh temperačního systému s homogenním teplotním polem kolem tvarové dutiny a rychlým odvodem tepla z formy. Jestliže systém jeví nerovnoměrné známky ochlazování, dochází k odlišnému smrštění dílu v jeho objemu, což vede k nežádoucím deformacím a vzniku vnitřního napětí [4]. Účinnost a rovnoměrnost chlazení temperačního systému je dána průřezem kanálů, jejich rozmístěním a délkou. Konvenčním typem temperačního systému jsou přímé vrtané kanály. K vytvoření takového temperačního potrubí slouží uzavíracích zátky a záslepky s O-kroužkem. Temperační kanály mohou

být uspořádané z hlediska proudění chladicí média v sériovém uspořádání, paralelním uspořádání nebo do samostatně oddělených bloků, viz obr. 2.18 [4, 13].



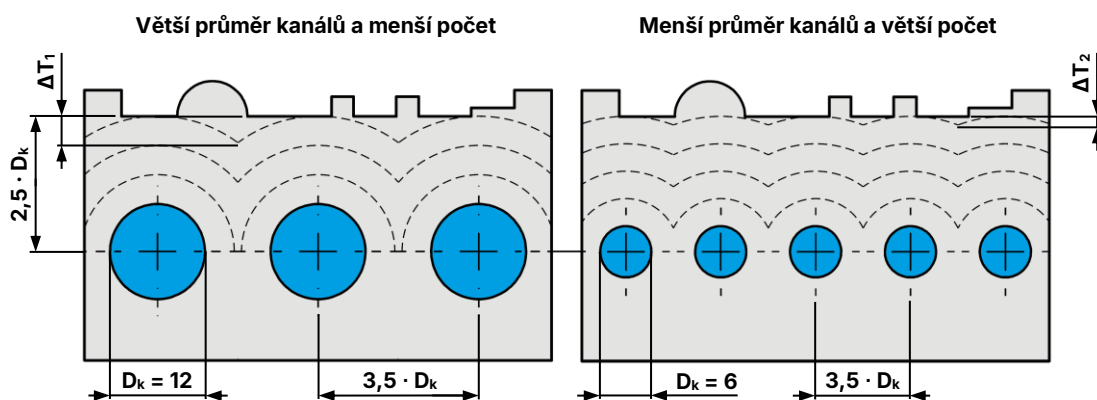
Obr. 2.18 Uspořádání temperačního potrubí, upraveno dle [4]

Existují také případy, kdy není možné temperovat formu klasickými vrtanými kanály, např. u tvarových jader. V takových to případech se do vnitřku jádra obrobí dutina, do které se následně vkládá speciální vložka. Vyrožkování probíhá buď formou obrobené vložky nebo vložené přepážky, popř. trubičky či spirálové přepážky. Příklady těchto konstrukcí jsou uvedeny na obr. 2.19.



Obr. 2.19 Konstrukční varianty temperace jader, upraveno dle [4]

Průměr kanálů a celkový počet kanálů je závislý na tloušťce stěny vstříkovaného dílu. Obecně platí, že k dosažení rovnoměrného rozložení teploty na povrchu dutiny formy je vhodnější používat více temperačních kanálů o menších průřezech [4, 16]. Ty nesmí být umístěny příliš blízko k povrchu dutině formy, aby nevznikala chladnější místa. Zároveň nesmí být ani příliš vzdálené, protože se tím snižuje efektivnost systému. U průměrů kanálů menších jak 6 mm je vhodné použít upravené chladicí médium, aby nedocházelo k jejich zanášení vodním kamenem [4]. Pro návrh temperačních kanálů existují určitá konstrukční doporučení, jež jsou uvedena na obr. 2.20.



Obr. 2.20 Porovnání geometrie temperačních kanálů o větším a menším průměru, upraveno dle [4]

2.8 Vyhazovací systém

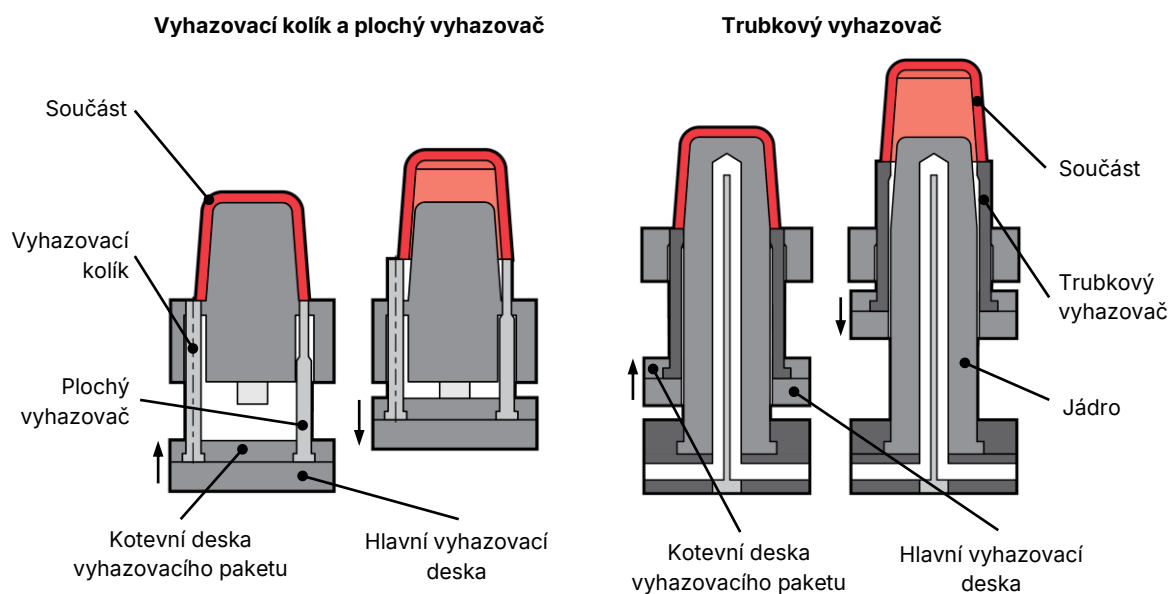
Základním požadavkem na vyhazovací systém je bezproblémové a snadné vyjmutí součásti bez poškození nebo poškrábání z tvarové dutiny formy. Po vstříknutí taveniny plastu do dutiny formy nastává fáze dotlaku, při které se materiál postupně ochlazuje až na teplotu vyhazování. Během toho dochází k postupnému smršťování součásti na stěnu jádra. Součást tak drží na jádře vlivem sil způsobených smrštěním dílu po jeho ochlazení. Pro úspěšné odformování součástí musí vyhazovací systém tyto síly překonat společně s adhezními silami plastu k formě. Velikost vyhazovací síly je kromě smrštění závislá na složitosti tvaru dílu, jakosti povrchu dutiny, technologických parametrech procesu a adhezi plastu k formě [17, 43].

Konstrukce vyhazování může být v provedení mechanickém, pneumatickém, elektrickém nebo hydraulickém. Nejčastějším způsobem je nucené mechanické vyhazování. Takovýto způsob vyhazování je obvykle uložen na pohyblivé části formy a spojen pomocí vyhazovací tyče s vyhazovacím mechanismem stroje. Pro předpoklad vyhazování z pohyblivé části formy musí po otevření formy součást

zůstat na tvárníku. Na to má vliv zejména uložení dílu ve formě, proto je snahou ho naorientovat tak, aby tvarová jádra dílu byla na pohyblivé části formy. Pokud to z konstrukčních důvodů není realizovatelné, zhotoví se na nepohledové ploše dílu nepatrné podkoso, čímž se zajistí udržení dílu na tvárníku [43]. Následující část kapitoly popisuje jednotlivé druhy vyhazovačů.

Vyhazování pomocí vyhazovacích kolíků, plochých a trubkových vyhazovačů

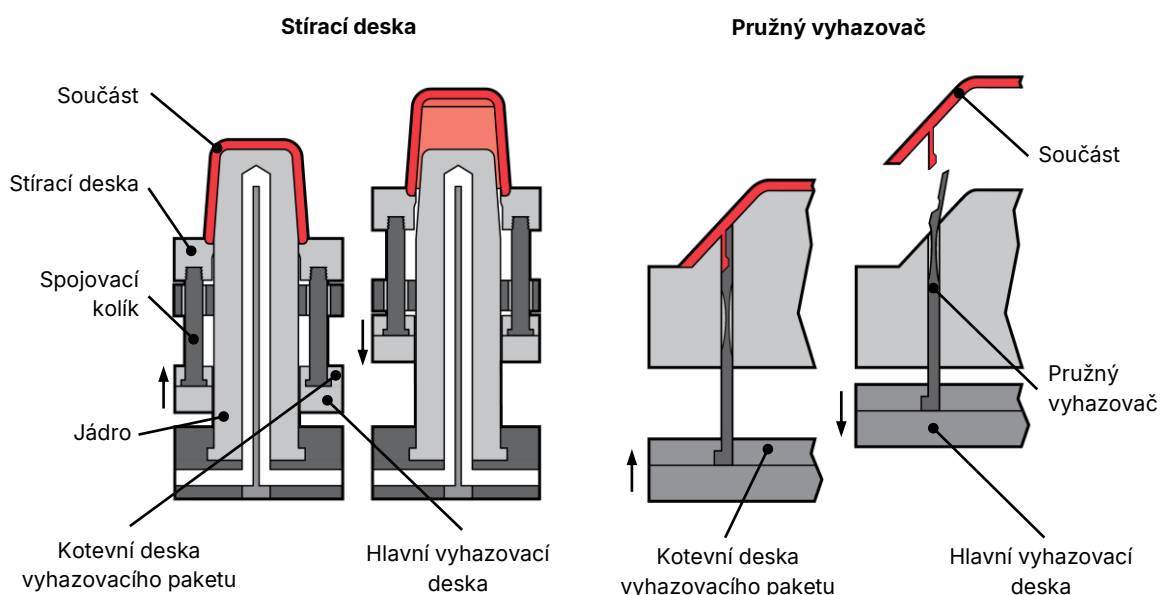
Nejběžnějším typem mechanického vyhazování je pomocí vyhazovacích kolíků, viz obr. 2.21. Jedná se o přímé kolíky převážně kruhového průřezu s rovným, nebo zabroušeným čelem do tvaru dutiny, které jsou uchyceny v kotevní desce vyhazovacího systému. Samotné vyhazování je provedeno dopředným pohybem vyhazovacích kolíků opřených o hlavní vyhazovací desku. Zpětný pohyb je obvykle zajištěn pomocí vraccích kolíků nebo pružin. Toto řešení je konstrukčně jednoduché na začlenění do konstrukce a zároveň je snadné na výrobu otvorů. V případě vyhazování částí dílu s úzkou dlouhou plochou se nahrazují klasické kolíky za kolíky s obdélníkovým průřezem, tzv. ploché vyhazovače. Do těchto prvků patří např. žebra na díle, kde kruhový vyhazovač by nebyl příliš efektivní. Trubkové vyhazovače vychází konstrukčně z vyhazovacích kolíků s tím rozdílem, že jsou duté. Vnitřním otvorem vyhazovače je tak vedeno jádro a díl je odformován na obvodové ploše. Trubkové vyhazovače slouží k vyhazování rotačně symetrických dílů o menším průměru a dosahuje se tak maximální styčné plochy na ploše dílu v dělicí rovině.



Obr. 2.21 Příklad vyhazovacího kolíku, plochého vyhazovače a trubkového vyhazovače, upraveno dle [4]

Vyhazování pomocí stírací desky a pružných vyhazovačů

Vyhazování stírací deskou se ve své činnosti velmi podobá trubkovým vyhazovačům. Výhoda stírací desky spočívá v možném obrábění, kdy její část může tvořit okraj dílů. Existuje ještě speciální varianta vyhazovačů, tzv. pružné vyhazovače. Tyto vyhazovače jsou ukotveny do kotevní desky vyhazovacího systému a vedeny skrz otvor. Pokud je vyhazovací systém ve výchozí pozici, jsou tyto vyhazovače elasticky deformovány. Po vyjetí z otvoru se dostávají do své rovnovážné polohy a tím dochází k uvolnění dílů. Tato konstrukce je vhodná např. u různých západek či žeber [4, 16]. Schéma těchto typů je uvedeno na obr. 2.22.

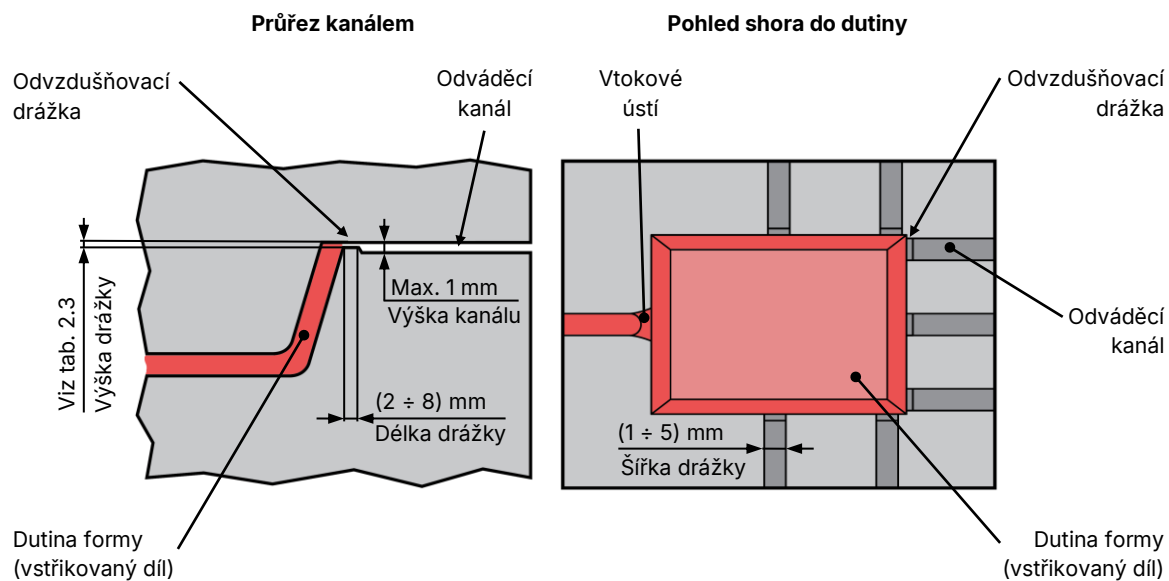


Obr. 2.22 Příklad vyhazování stírací deskou a pružným vyhazovačem, upraveno dle [4]

2.9 Odvzdušnění dutiny vstřikovací formy

Odvzdušňovací systém je dalším důležitým aspektem při konstruování vstřikovací formy. Při vstřikování taveniny do dutiny formy je vzduch postupně stlačován uvnitř, což je nežádoucí jev. V případě, že se vzduch během fáze plnění neodstraní, hrozí vady na zhotoveném díle, např. nedostříknutí dílu, uzavření vzduchu, diesel efekt apod. [4, 24].

Malé a jednoduché dutiny jsou odvzdušňovány skrz dělicí rovinu a mezeru mezi vyhazovacím kolíkem a dírou. Výjimku tvoří dutiny s dlouhou dráhou tečení v jednom směru, kde se zvyšuje riziko na nedostatečně rychlý odvod vzduchu. V takovém případě je nutné zhotovit na konci dráhy tečení odvzdušňovací drážky s odváděcím kanálem o doporučené geometrii, viz obr. 2.23 [4, 44].



Obr. 2.23 Řez kanálem (vlevo) a pohled shora na dutinu formy (vpravo) [4]

Rozměry odvzdušňovacích drážek přímo závisí na tekutosti taveniny plastu. Obecně platí, že čím vyšší je tekutost plastu, tím musí být výška drážky menší. Předepsané výšky drážek pro různé typy plastů jsou uvedeny v tab. 2.4 [44].

Tab. 2.3 Doporučené výšky odvzdušňovacích drážek, upraveno dle [16, 44]

Název typu plastu	Zkratka plastu	Výška drážky (mm)
Akrylonitrilbutadienstyren	ABS	0,03 ÷ 0,04
Polykarbonát	PC	0,04 ÷ 0,06
Polyethylentereftalát, polybutylentereftalát	PET, PBT,	0,01 ÷ 0,02
Polyamid 6.6	PA 6.6	0,01
Polyamid 6.6 se skelnými vlákny	PA 6.6 + GF	0,05
Polysulfon	PSU	0,03 ÷ 0,05
Polypropylen, polyethylen	PP, PE	0,01 ÷ 0,03
Polystyren	PS	0,02 ÷ 0,03
Polyvinylchlorid	PVC	0,01 ÷ 0,02
Polyuretan	PUR	0,01 ÷ 0,02
Termoplastický elastomer	TPE	0,01 ÷ 0,02

2.10 Materiály vstříkovacích forem

Materiály pro výrobu vstříkovacích forem splňují řadu faktorů, na které musí brát konstruktér forem ohled. Jedná se zejména o dlouhou životnost, dostatečnou tvrdost, vysokou odolnost proti teplotě, tlaku, korozi a abrazi, dobrou tepelnou vodivost, ale také dobrou obrobitelnost a svařitelnost. Vstříkovací formy jsou tvořeny převážně z ocelí, avšak v případě prototypových forem mohou být použity k jejich výrobě slitiny lehkých kovů [4]. V tab. 2.4 jsou uvedeny nejpoužívanější druhy materiálu a jejich vlastnosti pro výrobu komponent vstříkovacích forem.

Tab. 2.4 Materiály vstříkovacích forem [13, 45]

Značení dle W.Nr. (dle ČSN)	Vlastnosti materiálu	Aplikace materiálu
1.0577 (11 523)	KONSTRUKČNÍ OCEL (dobře obrobitelná, nekalitelná)	Komponenty bez vysokých požadavků na mechanické vlastnosti
1.1730 (19 083)	NÁSTROJOVÁ OCEL (dobře obrobitelná, povrchové kalitelná)	Netvrzená komponenty, upínací desky, rozpěry, podpěrné desky, středící kroužky
1.1731 (14 220)	POVRCHOVĚ KALITELNÁ OCEL (vysoká tvrdost, dobrá brousitelnost, dobrá abrazivní odolnost)	Vodící sloupky, vodící vložky, středící pouzdra, součásti s vysokou tvrdostí
1.2083 (19 435)	PROKALITELNÁ OCEL (legovaná, dobře obrobitelná a brousitelná, částečně korozivzdorná)	Tvarové vložky forem, tvarové desky forem
1.2085 (-)	NÁSTROJOVÁ OCEL (legovaná, předtvrzená, dobře obrobitelná, korozivzdorná)	Korozně odolné tvarové vložky a jádra
1.2162 (19 487)	OCEL PRO POVRCHOVÉ KALENÍ (legovaná, vynikající tvrdost povrchu, dobře obrobitelná)	Deskové komponenty
1.2210 (19 421)	OCEL PRO PRÁCI ZA STUDENA (výborně obrobitelná, dobrá odolnost proti opotřebení)	Deskové komponenty, mechanicky namáhané součásti, tvarové vložky
1.2311 (19 520)	NÁSTROJOVÁ OCEL (legovaná, předtvrzená, dobře brousitelná, vysoká rozměrová stabilita)	Mechanicky namáhané díly, tvarové vložky, tvarová jádra,
1.2312 (19 520)	NÁSTROJOVÁ OCEL (legovaná, předkalená, dobře obrobitelná v kaleném stavu)	Mechanicky namáhané díly, tvarové vložky, tvarová jádra,
1.2316 (-)	NÁSTROJOVÁ OCEL (vysoce legovaná, korozivzdorná, předkalená, dobře obrobitelná)	Komponenty s vysokou odolností vůči korozivním plastům

Pokračování tab. 2.4 Materiály vstřikovacích forem [13, 45]

Značení dle W.Nr. (dle ČSN)	Vlastnosti materiálu	Aplikace materiálu
1.2343 (19 552)	NÁSTROJOVÁ OCEL (vysoce legovaná, dobrá teplotní odolnost, nízká náchylnost k prasklinám)	Tvarové desky, tvarové vložky, jádra
1.2738 (-)	NÁSTROJOVÁ OCEL (předkalená, dobře brouditelná, vysoká tepelná vodivost, odolná vůči opotřebením)	Rozměrné tvarové desky, tvarové desky s hlubokou dutinou, vysoce zatížená jádra
1.2767 (19 655)	PROKALITELNÁ OCEL (legovaná, vysoká houževnatost, vysoká odolnost vůči ohybu, vysoká pevnost v tlaku)	Dutiny s požadavkem na povrch (zrcadlový lesk), tvarové desky pro vysokotlaké vstřikování
2.0401 (42 3223)	MOSAZ (dobrá obrobiteľnosť)	Prvky temperačních systémů (přípojky, zátky, atd.)
2.0598 (42 3311)	MOSAZ (vynikající kluzné vlastnosti, dobrá slévatelnost)	Vodící prvky, bezúdržbová vodící pouzdra (s grafitovými destičkami)
3.3547 (42 4415)	SLITINA HLINÍKU (vynikající obrobiteľnosť a svařitelnost)	Součásti prototypových forem (desky)
3.4365 (42 4222)	SLITINA HLINÍKU (vynikající obrobiteľnosť, vysoká pevnost)	Součásti prototypových forem s požadavkem na vyšší pevnost

Pozn. Značení dle ČSN může být pro období daného materiálu

2.11 Standardizované komponenty vstřikovacích forem

Formy pro vstřikování plastů jsou v dnešní době obvykle vyráběny ze standardizovaných komponent, tzv. normálií. To umožňuje rychlou a jednoduchou výrobu s výběrem ze široké škály různých komponent. Mezi nejznámější výrobce standardizovaných součástí forem patří společnost Meusburger Georg GmbH & Co KG, Strack Norma GmbH či HASCO Hasenclever GmbH + Co KG [46, 47].

Mezi nejvíce nakupované položky se řadí prvky pro vedení a středění forem, různé typy vyhazovačů, horké rozvody, vtokové vložky apod. Deskové komponenty se dodávají buď ve formě surových desek či tyčí, nebo v lepším případě již obrobené s vyvrtanými otvory. Díky úpravě předpřipravených polotovarů je usnadněn výrobní proces, neboť se zhotovují pouze tvarové části na formě, vložky nebo temperační kanály [46, 48, 49]. Příklady standardizovaných komponent a normálií od firmy Meusburger Georg GmbH & Co KG jsou uvedeny na obr. 2.24.



Obr. 2.24 Příklady normálií vstřikovacích forem: a) upínací prvky, b) rám formy, c) vodící prvky, d) vtokové prvky, e) středící prvky, f) středící kroužky, g) vyhazovací kolíky a jádra, h) prvky temperačního systému, i) horké vtokové trysky, j) izolační desky, k) datumové vložky, l) horký rozváděcí blok, upraveno dle [48, 50]

3 Praktická část

V praktické části této práce jsem navrhoval plastový díl a následně jsem se zabýval konstrukčním řešením nástroje pro jeho výrobu. Úvodní část se věnuje návrhu plastového dílu, což zahrnuje volbu součásti, navržení designu a celkovou konstrukci dílu včetně volby materiálu. Konstrukční návrh vstřikovací formy probíhal nejprve určením požadavků, výběrem konceptu konstrukčního řešení a zvolením předběžných částí formy (vtokový systém, materiál desek, vyhazování atp.). Dále byly podrobně popsány hlavní konstrukční aspekty vstřikovací formy, jako je tvarová část formy, rozměry formy, dimenzování vtokového a temperačního systému atd. Dimenzování vtokového a temperačního systému bylo provedeno za pomoci simulačního softwaru. V závěru praktické části je zobrazena ukázka výroby této vstřikovací formy.

3.1 Návrh plastového dílu

Zvoleným plastovým dílem pro technologii vstřikování se stala svorka sáčků. Tato chytrá pomůcka napomáhá v kuchyňském prostředí k uzavírání všech možných potravinářských obalů. Současně se jedná o zajímavý reklamní předmět, jenž splní propagační funkci a zároveň si zachová svoji praktickou stránku při používání v běžném životě. Plastová svorka bude zhotovena ve dvou provedeních, v základním provedení o délce 60 mm pro uzavření např. mikrotenových a zmrazovacích sáčků. Druhé provedení o délce 120 mm, tzv. prodloužené, bude sloužit k uzavírání např. papírových sáčků, popř. sáčků na koření.

3.1.1 Návrh designu součásti

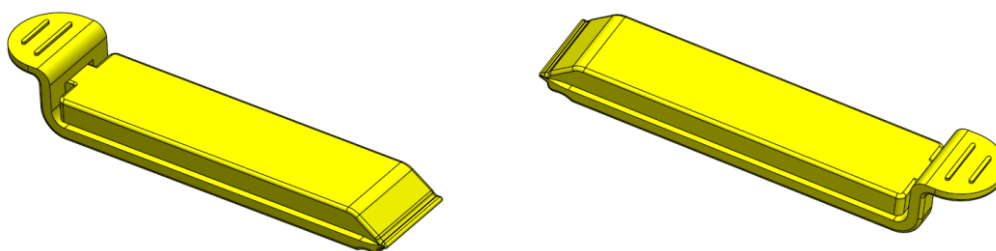
Svorka pro uzavírání sáčků bude sloužit zároveň i jako propagační předmět Technické univerzity v Liberci. Z tohoto důvodu musí kromě praktického využití zaujmout také svým vzhledem.

Navrženy byly celkem tři různé varianty svorek s různými designy, kdy každá z nich má své kladné a záporné stránky:

Varianta A) Svorka bez designového prvku

Základní design svorky je pouze jednoduchý hranatý tvar bez složité tvarové geometrie, viz obr. 3.1. Obě části svorky mají obdélníkový půdorys se zaoblenou hranou. Tato varianta je díky svému jednoduchému tvaru funkční a při běžném používání velmi praktická. Vzhledem k tomu, že se jedná o jednoduchý tvar, tak lze

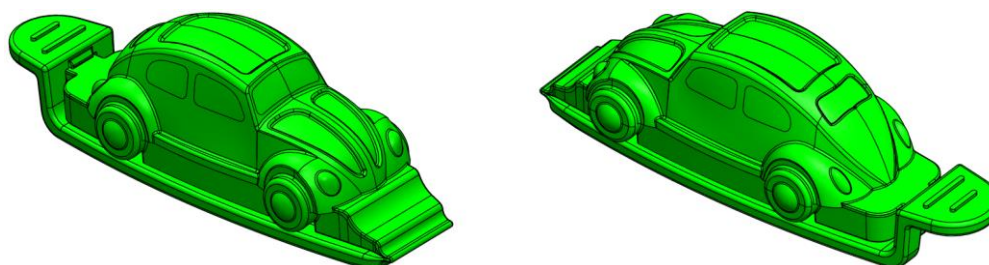
předpokládat, že ani výroba formy nebude příliš nákladná. Z reklamního hlediska je však tento design nevýhodný, neboť není nijak oslnivý a zajímavý.



Obr. 3.1 Svorka s plochým tvarem

Varianta B) Svorka s designovým prvkem ve tvaru automobilu

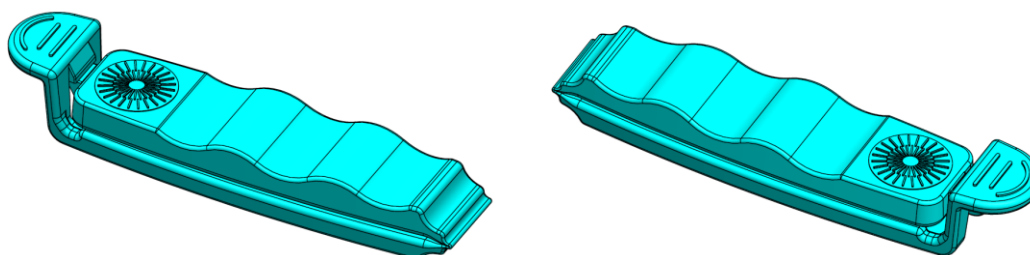
Dalším navrženým designem je svorka s prvkem automobilu (obr. 3.2), která zaujme na první pohled svým líbivým vzhledem. Pro zvýraznění designu vozu by povrch karosérie byl v matném provedení a okna vozu naopak v lesklém. Největším úskalím tohoto návrhu je příliš detailní a složitý tvar auta, což způsobuje zvýšení výrobní ceny nástroje na výrobu dutiny. Kromě toho je tato varianta až třikrát vyšší oproti variantě A), což snižuje její praktičnost z hlediska skladování.



Obr. 3.2 Svorka v designu automobilu

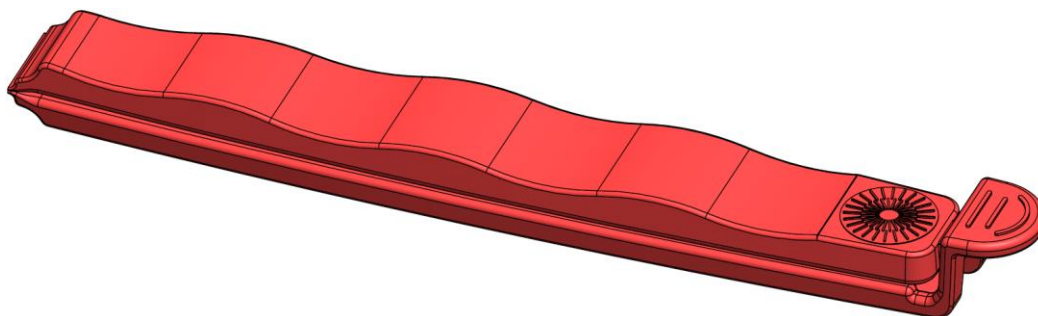
Varianta C) Svorka s designovým prvkem ve tvaru vlnek

Třetím typem svorky je design kombinující praktickou i vizuální stránku, viz obr. 3.3. Boční strany jsou oblé a osově symetrické, na vrchní části bylo navrženo zvlnění s rovnou ploškou, na které je vyobrazeno logo Technické univerzity v Liberci. Logo zároveň zaujímá ergonomickou funkci pro příjemnější zacvaknutí svorky. Celá svorka je v matném provedení povrchu, rovná ploška s logem je naopak lesklá.



Obr. 3.3 Svorka s tvarem vlnek

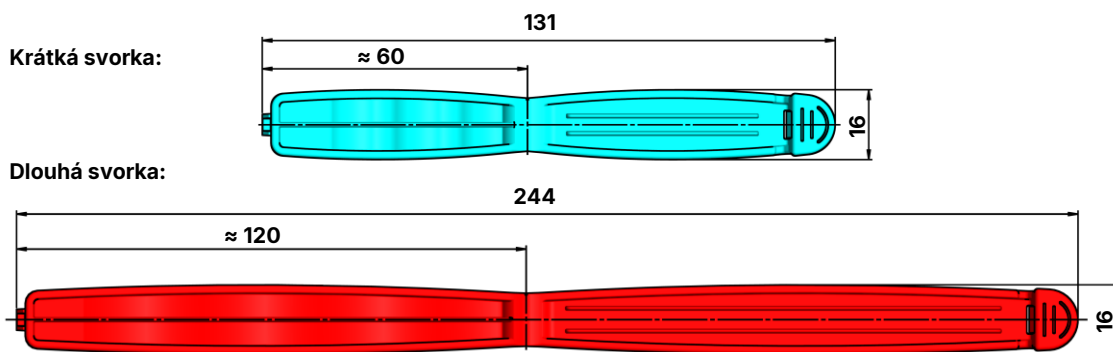
Porovnáním výše zmíněných designových návrhů je z ekonomického hlediska nejvýhodnější varianta A). Bohužel příliš nezaujme svým vzhledem, tak jako svorka typu B). U svorky typu B) jsou však výrobní náklady na výrobu dutiny formy příliš vysoké, proto se nabízí ideální kompromis, tedy varianta C). Design svorky v prodlouženém provedení je vyobrazen na obr. 3.4.



Obr. 3.4 Svorka s designovým prvkem ve tvaru vlnek v prodlouženém provedení

3.1.2 Konstrukční návrh svorky

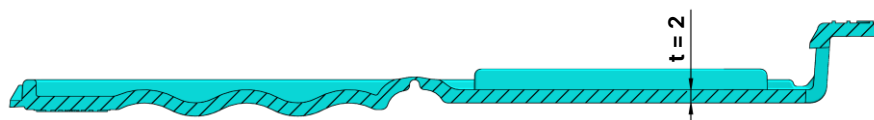
Z konstrukčního hlediska se od sebe obě provedení svorek s designem C) nijak výrazně neliší. Jediným rozdílem je pouze jejich délka, viz obr. 3.5 a vzdálenost žeber. V této práci ponese kratší provedení výrobku označení „krátká svorka“ a prodloužené provedení „dlouhá svorka“. Podrobné výkresy obou součástí jsou uvedeny v příloze č. 2.



Obr. 3.5 Základní rozměry svorek v otevřené poloze

Tloušťka stěny

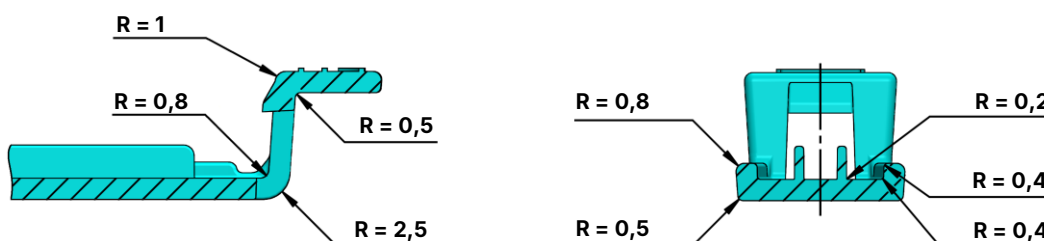
Tloušťka stěny po celé délce součásti byla zvolena $t = 2$ mm, viz obr. 3.4. To zajišťuje dostatečnou tuhost svorky při manipulaci a zároveň dobrou zatékavost taveniny při vstřikování. Větší tloušťky stěny nemají v tomto případě smysl, neboť se nejedná o konstrukční součást.



Obr. 3.6 Tloušťka stěny svorky

Zaoblení hran a rohů

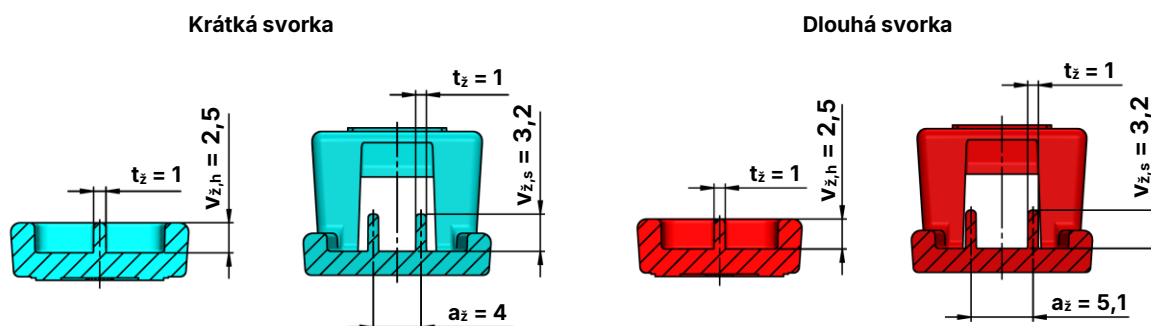
Jak již bylo zmíněno v teoretické části, plastové díly kromě místa v dělicí rovině, nesmí obsahovat žádné ostré hrany ani rohy. Velikosti základních zaoblení hran a rohů na díle jsou uvedeny na obr. 3.7. Zbylé nekótované zaoblení, vyskytující se na díle, byly zvoleny o poloměru v rozmezí 0,3 ÷ 0,8 mm.



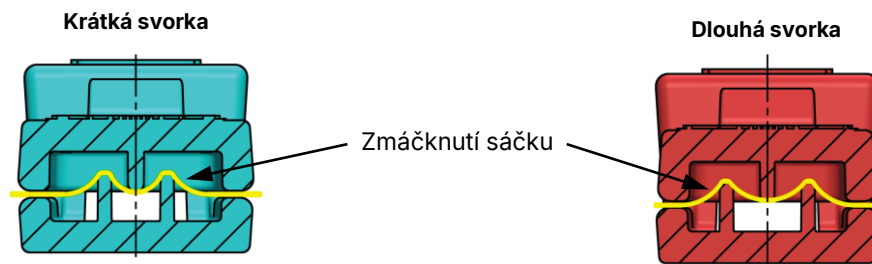
Obr. 3.7 Velikosti zaoblení hran a rohů svorky

Geometrie žeber

Tloušťka žeber byla dimenzována s ohledem na funkčnost svorky a tloušťku základních stěn výrobku. Byla zvolena poloviční tloušťka žebra vůči tloušťce stěny $t_z = 1$ mm, viz obr. 3.8. Tato tloušťka je dostatečná pro sevření sáčku a zároveň se eliminuje prokreslení žebra na spodní straně součásti. Výška žeber byla zvolena $v_{z,h} = 2,5$ mm a $v_{z,s} = 3,2$ mm, což zajišťuje jejich překrytí v uzavřené pozici. Co se týče rozteče žeber, tak u krátké svorky byla zvolena rozteč $a_z = 4$ mm, neboť je zde předpoklad pro uzavírání lépe deformujících se měkčích sáčků. Naopak dlouhá svorka slouží k uzavírání papírových sáčků, které jsou tužší, a proto byla zvolena rozteč $a_z = 5,1$ mm, viz obr. 3.9.



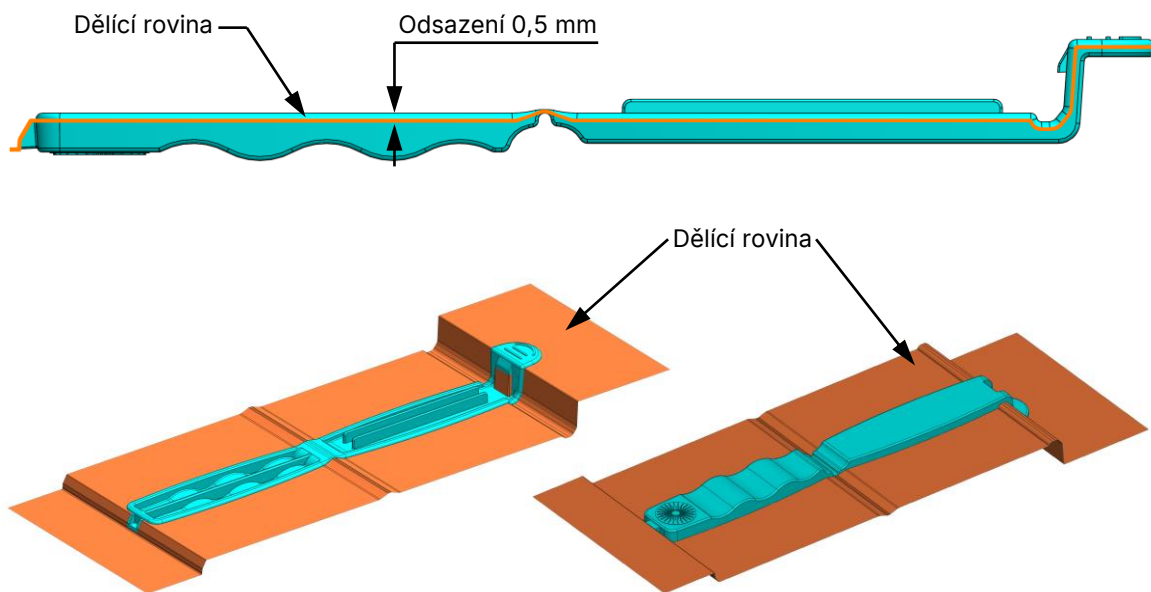
Obr. 3.8 Geometrie žeber svorek



Obr. 3.9 Schéma svorek v zacvaknuté poloze

Určení dělicí roviny

Zásadní vliv při navrhování vstřikovací formy má určení polohy dělicí roviny díle. Pro daný výrobek byla navržena jedna hlavní lomená dělicí rovina včetně otvoru pro zacvaknutí. Nejjednodušší variantou umístění roviny se v tomto případě nabízelo s hranou součásti. Nevýhodou by však byl vznik ostré hrany v místě dělicí roviny. Proto bylo zvoleno alternativní řešení umístění dělicí roviny, kdy se provedlo její odsazení vůči hraně součásti o cca 0,5 mm, viz obr. 3.10. To mělo za následek eliminaci ostrých hran a možnost jejich zaoblení.

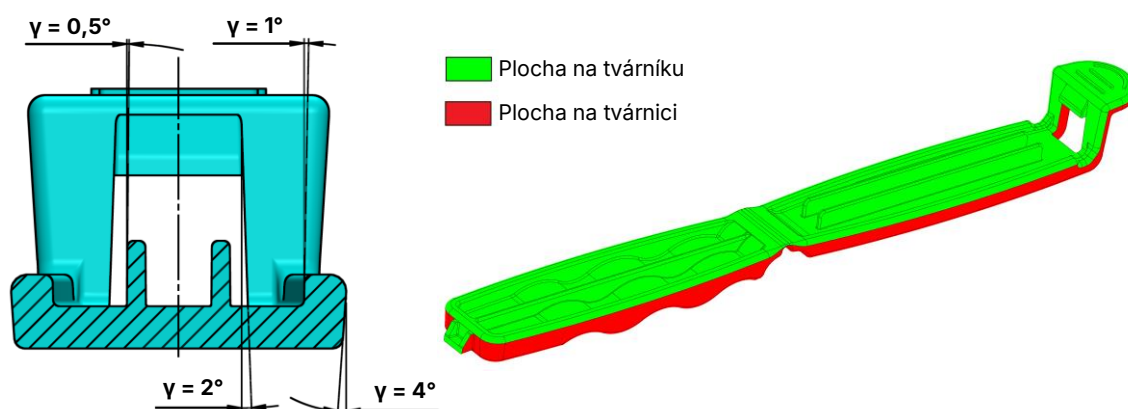


Obr. 3.10 Schéma dělicí roviny

Úkosy stěn

Aby bylo možné díl bezproblémově odformovat, musí být všechny plochy, které by byly kolmé vůči dělicí rovině opatřeny úkosy. Velikost úkosů vychází nejen z konstrukčních doporučení pro daný materiál, ale také z předpokladu zaformování dílu. Cílem umístění úkosů je daný díl zaformovat tak, aby při otevření zůstal na straně pohybující se části formy, tj. část s tvárníkem a vyhazovacím systémem. Z tohoto

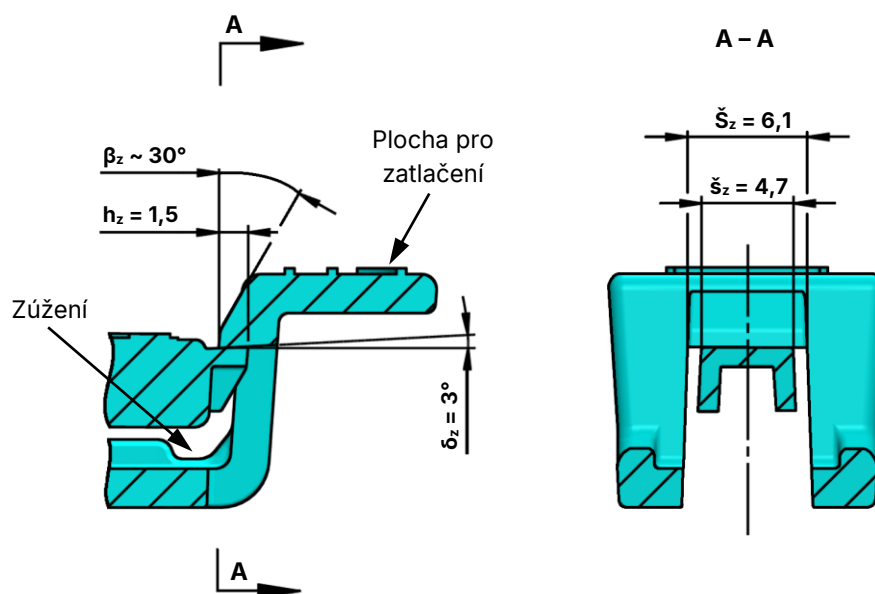
hlediska byly zvoleny úkosy na tvárníku výrazně menší než úkosy ploch na tvárnici, viz obr. 3.11. Zároveň byla provedena analýza úkosů součásti, ze které bylo možné ověřit správnost dělicí roviny.



Obr. 3.11 Schéma geometrie úkosů (vlevo) a analýza úkosů (vpravo) na díle

Návrh západkového spoje

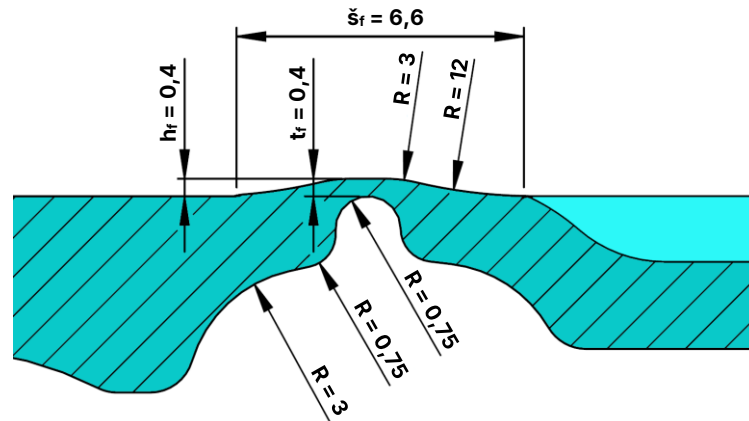
Zvolený západkový spoj (obr. 3.12) vychází do značné míry z konstrukce konvenčních západkových spojů. Oproti konvenční konstrukci se liší tím, že při funkci je odehnuta část s otvorem, nikoli část se západkou. U této varianty se při působení silou na danou plochu docílí vyhnutí otvorové části a následnému uvolnění retenčního prvku. K snazšímu odlehnutí napomáhá také zúžení bočních částí svorky. K dostatečnému zajištění proti nežádoucímu otevření svorky napomáhá přesazení retenčního prvku o $h_z = 1,5$ mm společně s podkosem $\delta_z = 3^\circ$.



Obr. 3.12 Geometrie západkového spoje

Konstrukce filmového spoje

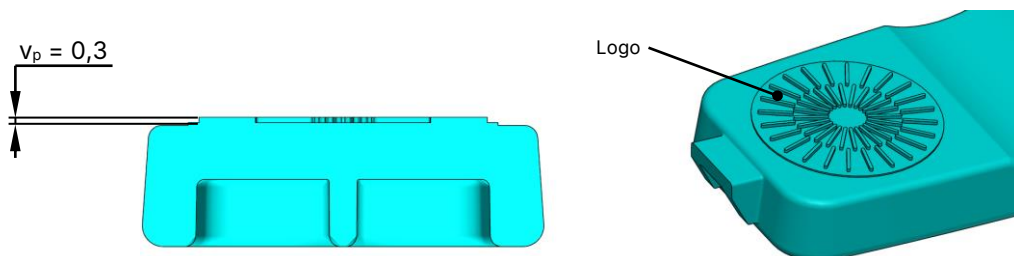
Ohebná část svorky byla navržena za pomoci filmového spoje. Z konstrukčních doporučení pro návrh filmových spojů byla zvolena tloušťka spoje $t_f = 0,4$ mm se spojovacím rádiusem $R = 0,75$ mm. Rozsah otevření svorky je od 0° do 180° , proto musel být spoj odsazený vůči tělu, aby nedocházelo k jeho vylamování při otevírání. Velikost odsazení spoje odpovídá tloušťce spoje, tj. $h_f = 0,4$ mm. Ostatní rozměry filmového spoje jsou uvedeny na obr. 3.13.



Obr. 3.13 Konstrukce a rozměry filmového spoje

Návrh popisu

Popisy na vstříkovaných součástích mohou být buďto vystouplé či zapuštěné. Z hlediska technologie výroby je jednodušší do dutiny formy daný popis laserově vygravírovat a vytvořit tak vystouplý popis na výrobku. Pro návrh popisů platí také určitá konstrukční doporučení. Jedním z nich je výška daného popisu, neboť při jejím nedodržení může docházet k vadám v okolí popisu, např. ke vzduchovým šmouhám. Obecně se udává, že výška popisu by neměla přesahovat 0,3 až 0,4 mm [4]. U navržených dílů je popisem logo Technické univerzity v Liberci, jehož výška byla zvolena 0,3 mm, viz obr. 3.14.



Obr. 3.14 Výška loga Technické univerzity v Liberci

3.2 Zhotovení prototypu svorky

Před začátkem konstrukce vstřikovací formy byl proveden tzv. „rapid prototyping“ navržené součásti. Jedná se o soubor metod, kdy navržený virtuální CAD model součásti se převede do STL dat a následně se vyrobí prototyp pomocí aditivní technologie. Vytisknutý díl pak slouží pouze k představě o vzhledu, popř. ověření geometrie funkčních částí. Součást byla vytisknuta z polyamidu 12 (PA 12) pomocí technologie fúzování prášku UV světlem, do kterého je rozprašován fúzní inkoust. Tisk probíhal na 3D tiskárně HP Jet Fusion 4200. Zhotovené prototypy splňují konstrukční i designové předpoklady (obr. 3.15), proto není třeba provádět žádné další úpravy na dílech.



Obr. 3.15 Prototyp svorky zhotovený technologií fúzování prášku UV světlem

3.3 Volba materiálu dílu

Mezi vhodné materiály pro vstřikování ohebných svorek se nabízí známé typy polyolefinů, tj. polypropylen (PP) či polyethylen (PE). Tyto plasty jsou zdravotně nezávadné a vykazují vysokou rázovou houževnatost a tažnost, což je klíčové ke správné funkci filmového spoje. Výhodou PP oproti PE je jeho vyšší tuhost, díky čemuž nebude docházet k příliš velkým deformacím při zavírání svorky.

Zvoleným materiálem pro výrobu svorek se stal homopolymerní polypropylen s obchodním označením PP MOSTEN® FC110 vyráběný společností ORLEN Unipetrol RPA s.r.o. Tento polypropylen vyhovuje požadavkům na díle a zároveň je vhodný pro potravinářský a obalový průmysl. Základní vlastnosti tohoto polymeru jsou uvedeny v tab. 3.1 a kompletní materiálový list je doložen v příloze č. 1.

Tab. 3.1 Reologické a mechanické vlastnosti PP MOSTEN® FC110 [51]

PP MOSTEN® FC110		
Vlastnosti plastu	Metoda	Hodnota
Index toku taveniny (230 °C/2,16 kg)	ISO 1133-1	10 g/10 min
Výrobní smrštění podélně	ISO 294-3,4	1,77 %
Výrobní smrštění napříč	ISO 294-3,4	1,97 %
Modul pružnosti v ohybu	ISO 178	1450 MPa
Modul pružnosti v tahu	ISO 527-1,2	1400 MPa
Napětí na mezi kluzu	ISO 527-1,2	34 MPa
Prodloužení na mezi kluzu	ISO 527-1,2	10 %
Celková tažnost	ISO 527-1,2	200 %
Vrubová houževnatost Charpy při 23 °C	ISO 179-1	3,5 kJ/m ²

3.4 Volba vstřikovacího stroje

Výběr vstřikovacího stroje je závislý na požadovaných parametrech stroje potřebných pro vyrobení dílu, resp. na uzavírací síle a velikosti vstřikovací dávky. Mezi konstrukční parametry stroje se řadí maximální uzavření a otevření formy a světlá vzdálenost sloupků. Pro výběr stroje je potřeba vypočítat požadovanou uzavírací sílu a velikost vstřikovací dávky dle vstupních hodnot uvedených v tab. 3.2.

Tab. 3.2 Vstupní hodnoty pro volbu velikosti stroje

Název	Zkratka	Hodnota
Plocha krátké svorky v průmětu	$S_{p,k}$	1 910 mm ²
Plocha dlouhé svorky v průmětu	$S_{p,d}$	3 630 mm ²
Předpokládaný tlak uvnitř dutiny pro PP ¹	p_i	60 MPa
Objemové smrštění pro PP ¹	-	1,5 %
Objem krátké svorky	V_k	5,1 cm ³
Objem dlouhé svorky	V_d	9,6 cm ³

¹ Zdroj: [16]

Výpočet uzavírací síly stroje

$$F_U = S_c \cdot p_i = (S_{p,k} + S_{p,d}) \cdot p_i = (36,3 + 19,1) \cdot 60 = 332\,400 \text{ N} = \mathbf{332,4 \text{ kN}} \quad (3.1)$$

Výpočet vstřikovací dávky taveniny pro horký vtok

$$V_c = 1,015 \cdot (V_k + V_d) = 1,015 \cdot (5,1 + 9,6) = \mathbf{14,9 \text{ cm}^3} \quad (3.2)$$

Světlá vzdálenost sloupků

Předběžná šířka formy vychází z maximální délky dílu. Nejdelším dílem je dlouhá svorka o délce 242 mm. Předpokladem tedy je, že forma nebude širší, jak 300 mm.

Maximální otevření a zavření formy

Riziko, že maximální otevření formy nebude dostatečné hrozí zejména u vysokých dílů. Vstřikované svorky mají výšku pouze 12 mm, proto není třeba brát takový ohled na maximální otevření stroje. Každý vstřikovací stroj však má také svoji minimální hodnotu uzavření, proto forma musí být vyšší jak tato hodnota.

Vstřikovací stroj vyhovující těmto požadavkům je Arburg Allrounder 320 C Golden Edition (obr. 3.16), který se nachází v laboratořích Technické univerzity v Liberci. Ten disponuje uzavírací silou 500 kN a maximální vstřikovanou dávkou 85 cm³. Minimální výška formy musí být 200 mm, maximální výška 500 mm a maximální šířka formy 320 mm. Více podrobností a parametrů o vstřikovacím stroji jsou uvedeny v příloze č. 3.



Obr. 3.16 Vstřikovací stroj Arburg Allrounder 320 C Golden Edition [52]

3.5 Požadavky na konstrukci vstřikovací formy

Prvním krokem při návrhu konstrukce bylo stanovení veškerých požadavků a specifikací na konstrukci vstřikovací formy:

- forma musí obsahovat dvě dutiny s různou geometrií, proto se bude jednat o „family“ formu,
- vtokový systém by neměl být součástí dílu po jeho vyhození, v případě použití studeného rozvodu by se měl samostatně oddělit již při vyhazování,
- vtokový systém musí být navržený tak, aby docházelo k rovnoměrnému plnění obou dutin taveninou plastu,
- ústí do každé dutiny by mělo být ideálně v ose součásti, aby docházelo k rovnoměrnému plnění a správné orientaci makromolekul v místě filmového spoje,
- vstřikované součásti budou vyráběny z polypropylenu (PP),
- náklady na výrobu vstřikovací formy nesmí překročit dostupné finance, které jsou k dispozici na její zhotovení,
- zhotovená forma musí být kompatibilní se vstřikovacím strojem Arburg Allrounder 320 C Golden Edition.

3.6 Předběžný návrh vstřikovací formy

Při předběžném návrhu formy se musí zvolit základní konstrukční řešení vstřikovací formy. Celkem připadaly v úvahu tři možné koncepty konstrukce vstřikovací formy, které splňují výše uvedené požadavky a specifikace:

Koncept A) Dvoudesková vstřikovací forma se studeným vtokem

Dvoudeskové uspořádání desek se studeným vtokovým systémem je z ekonomického hlediska nejúspěšnější. Pro splnění požadavku na oddělení vtokového systému, by muselo být navrženo tunelové ústí. Tunelové ústí se však umísťuje z boku vstřikované součásti a zároveň pod dělicí rovinou dutiny formy. Díky tomu tak vzniká nerovnoměrné plnění objemově rozdílných dutin taveninou plastu.

Koncept B) Tříděsková vstřikovací forma se studeným vtokem

Tříděskové uspořádání formy se studeným vtokem umožňuje stejně jako koncept A) oddělit vtokový zbytek již při odformování. Oproti konceptu A) je zde hlavní výhodou umístění bodového ústí do osy součásti. V plnicí fázi vstřikovacího cyklu tak tavenina plastu postupuje rovnoměrně zúženým místem filmového spoje,

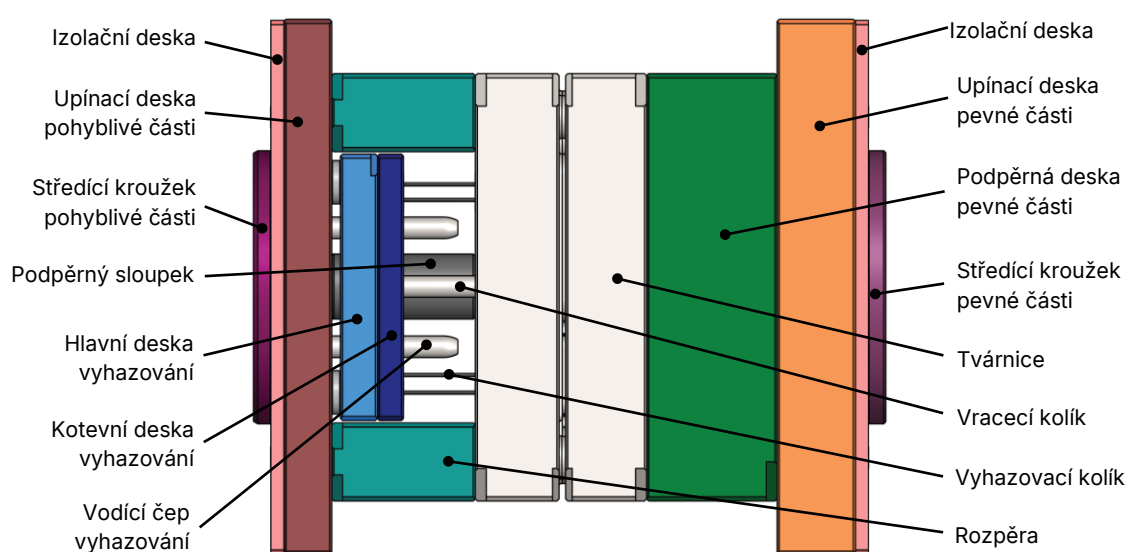
což zajistí správnou orientaci makromolekul. Nevýhodou je však příliš velký studený zbytek vtoku a celková složitost konstrukčního uspořádání desek.

Koncept C) Dvoudesková vstřikovací forma s horkým vtokem

Poslední možnou variantou je dvoudeskové uspořádání desek s horkým vtokovým systémem. Jedná se o nejlepší technologické řešení, které umožňuje výrobu plastových svorek ve vysoké kvalitě a bez produkce odpadu z vtokového systému. Horké trysky mohou být umístěné do osy symetrie dílu, takže je při vstřikování dosaženo rovnoměrného plnění dutiny formy. Díky tomu se horký vtokový systém jeví jako ideální volba, přestože je konstrukčně velmi složitý. Samotná dvoudesková konstrukce vstřikovací formy není příliš nákladná na výrobu. Nevýhodou je však cena horkého vtokového systému, která v tomto případě tvoří více jak 1/3 výrobní ceny formy.

3.6.1 Výběr konceptu formy

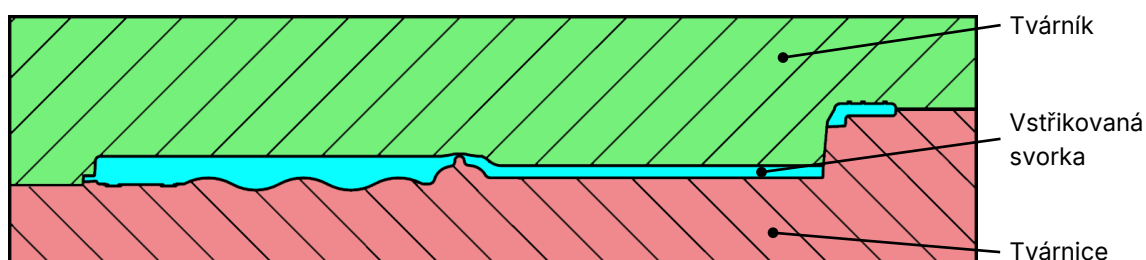
V předešlých bodech byly představeny trojice možných konstrukčních konceptů vstřikovacích forem. Porovnáním výhod a nevýhod jednotlivých možností konstrukčních řešení jsem se rozhodl, že v dalším řešení diplomové práce budu navrhovat konstrukci vstřikovací formy pro koncept C) dvoudeskové vstřikovací formy s horkým vtokem. Po ekonomické stránce je koncept C) srovnatelný s konceptem B) s tou výjimkou, že má oproti němu více výhod, např. v podobě horkého rozvodu. Na obr. 3.17 je vyobrazeno schéma předběžného návrhu konstrukčního řešení dvoudeskové vstřikovací formy v uzavřeném stavu.



Obr. 3.17 Schéma předběžného návrhu konstrukčního řešení vstřikovací formy

3.6.2 Zaformování dílu

Volba dělicí roviny a určení orientace vstříkovaného dílu se odvíjela od samotné konstrukce plastového dílu, což bylo popsáno v kapitole 3.1.2. Při volbě dělicí roviny se bral ohled na splnění požadavku zaoblených hran na díle a zároveň na co nejjednodušší výrobu dutiny. S dělicí rovinou souvisí také zaformování dílu, které bylo zvoleno tak, že jádra tvořící vnitřní plochu dílu byly umístěny na pohyblivou část formy. Udržení součásti na tvárníku bylo podpořeno odlišnou velikostí úkosů na tvárníku a tvárnici, viz kapitola 3.1.2. Schéma zaformování svorky v podélném řezu je znázorněno na obr. 3.18.



Obr. 3.18 Schéma zaformování vstříkované svorky v podélném řezu

3.6.3 Volba vtokového systému

Rozvod taveniny do tvarových dutin formy je realizován s využitím horkého vtokového systému. Ten umožňuje výrobu vstříkovaných dílů bez vzniku technologického odpadu a bez nadbytečných dokončovacích operací na díle (odstranění vtokových kanálů apod.). Horký vtokový systém pro „family“ formu se skládá z vyhřívaného rozváděcího bloku a z dvojice identických vyhřívaných horkých trysek. Horké trysky jsou zvoleny s konstrukcí otevřeného ústí, neboť horké trysky s uzavíratelným ústím jsou ekonomicky mnohonásobně nákladnější. Obě tvarové dutiny mají odlišný objem, proto se musí nadimenzovat geometrie a rozměr ústí tak, aby docházelo k rovnoměrnému plnění obou dutin formy najednou.

3.6.4 Volba vyhazovacího systému

Pro systém vyhazování bylo zvoleno konstrukční řešení mechanického způsobu vyhazování s vyhazovacími a vraccími kolíky. Jedná se o nejběžnější konstrukci vyhazování, která se u vstříkovacích forem navrhuje. Výhoda této volby spočívá v jednoduchosti konstrukce a široké škále normalizovaných komponent, ať už se jedná o desky vyhazovacího paketu nebo o samotné kolíky. Nevýhodou může být viditelná stopa od vyhazovačů na vstříkovaném díle. Vyhazovací systém je tvořen z hlavní vyhazovací desky a z kotevní desky vyhazovacího systému, do které jsou

kolíky ukotveny. Tyto dvě desky jsou vůči sobě vystředěné vodícími pouzdry a jsou sešroubované dohromady. Vyhazovací systém je přes vodící čep připojen k hydraulickému systému stroje, kterým je ovládán celý vyhazovací systém při otevření formy.

3.6.5 Volba temperačního systému

Zkonstruované svorky jsou geometricky jednoduché ploché a úzké díly, které nevyžadují žádnou speciální konstrukci temperačního systému, jako je např. chlazení tvarových jader, konformní chlazení apod. Zvolen byl konvenční způsob chlazení pomocí rovných vrtaných kanálů umístěných v okolí tvarové dutiny formy. Správné uspořádání a rozmístění kanálů zajistí rovnoměrný odvod tepla z povrchu dutiny formy do temperačního média, resp. vody, která je po průtoku formou ochlazována v temperační jednotce. Výhodou vrtaných kanálů je snadná vyrobiteľnosť a tím pádem nízká nákladnosť na jejich obrábění. Nevýhodou vrtaných kanálů je omezení v jejich rozmístění, které musí ustoupit vyhazovacím kolíkům.

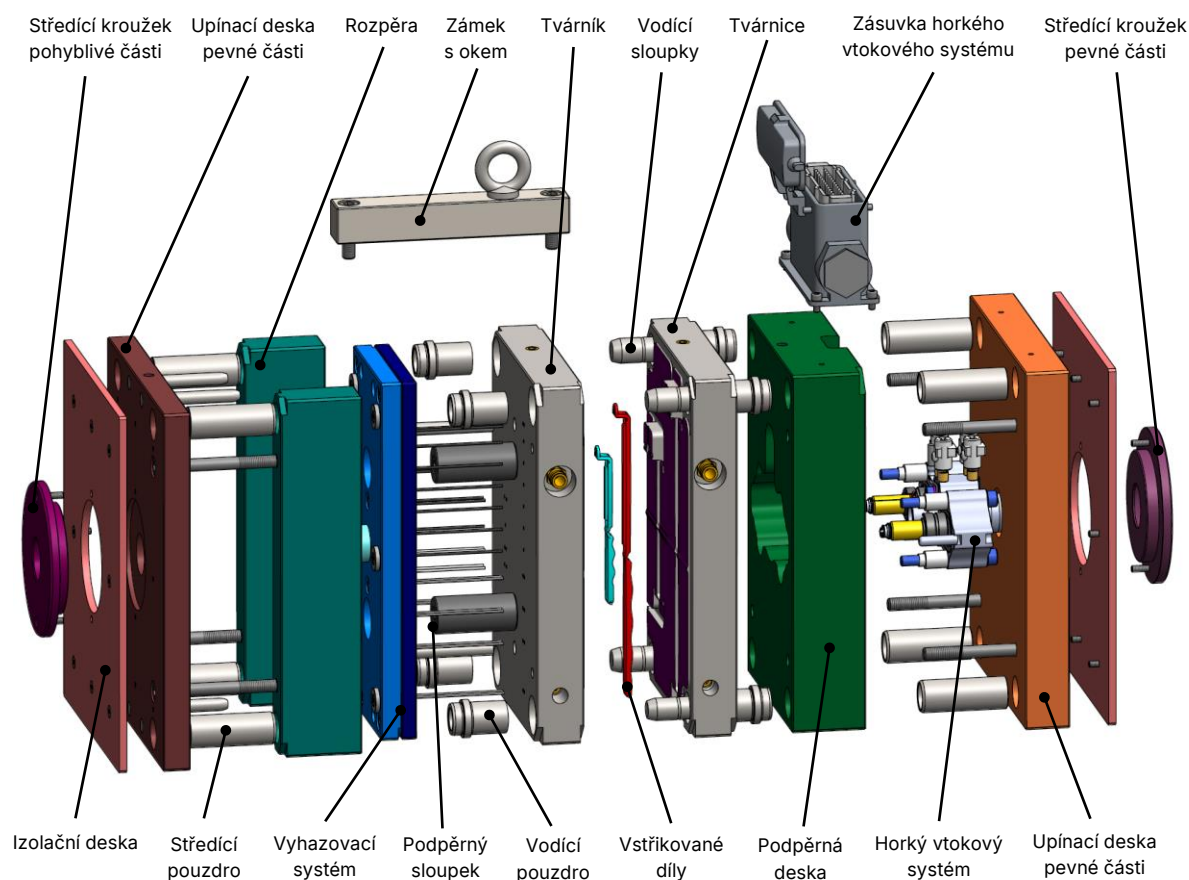
3.6.6 Volba materiálů pro komponenty formy

Volba materiálů pro jednotlivé komponenty vstřikovací formy významně ovlivňuje životnost formy a pořizovací cenu polotovarů. To je důvodem, proč je vhodné stanovit při předběžném návrhu vstřikovací formy materiály jednotlivých komponent formy. Některé komponenty vstřikovacích forem dodávané výrobcem Meusburger Georg GmbH & Co KG jsou k dostání pouze v jednom materiálovém provedení. Převážně se jedná o standardizované komponenty, jako jsou např. středící kroužky forem z materiálu 1.1730 nebo vodící pouzdra a sloupky z materiálu 1.1731 zakalené na tvrdost ≈ 60 HRC apod. [53]. Důležitou volbou je materiál tvárníků a tvárnice, neboť jsou v přímém kontaktu s taveninou plastu a jsou tak kladeny vysoké nároky na daný materiál. Vstřikované svorky budou vyráběny z čistého polypropylenu bez obsahu plniva. Při vstřikování tak nevzniká významné abrazivní opotřebení povrchu dutiny, a proto není třeba volit zbytečně drahé materiály s vysokou prokalitelností. Těmto požadavkům vyhovuje materiál 1.2312 [54]. Jedná se o nástrojovou ocel s dostatečně vysokou tvrdostí, která nevyžaduje v tomto případě žádné dodatečné tepelné zpracování [54]. Zbylé desky vstřikovací formy nejsou vysoce mechanicky namáhané, proto je zvolen materiál 1.1730 [55], což je běžná nástrojová ocel vhodná pro výrobu deskových komponent.

3.7 Podrobný konstrukční návrh vstříkovací formy

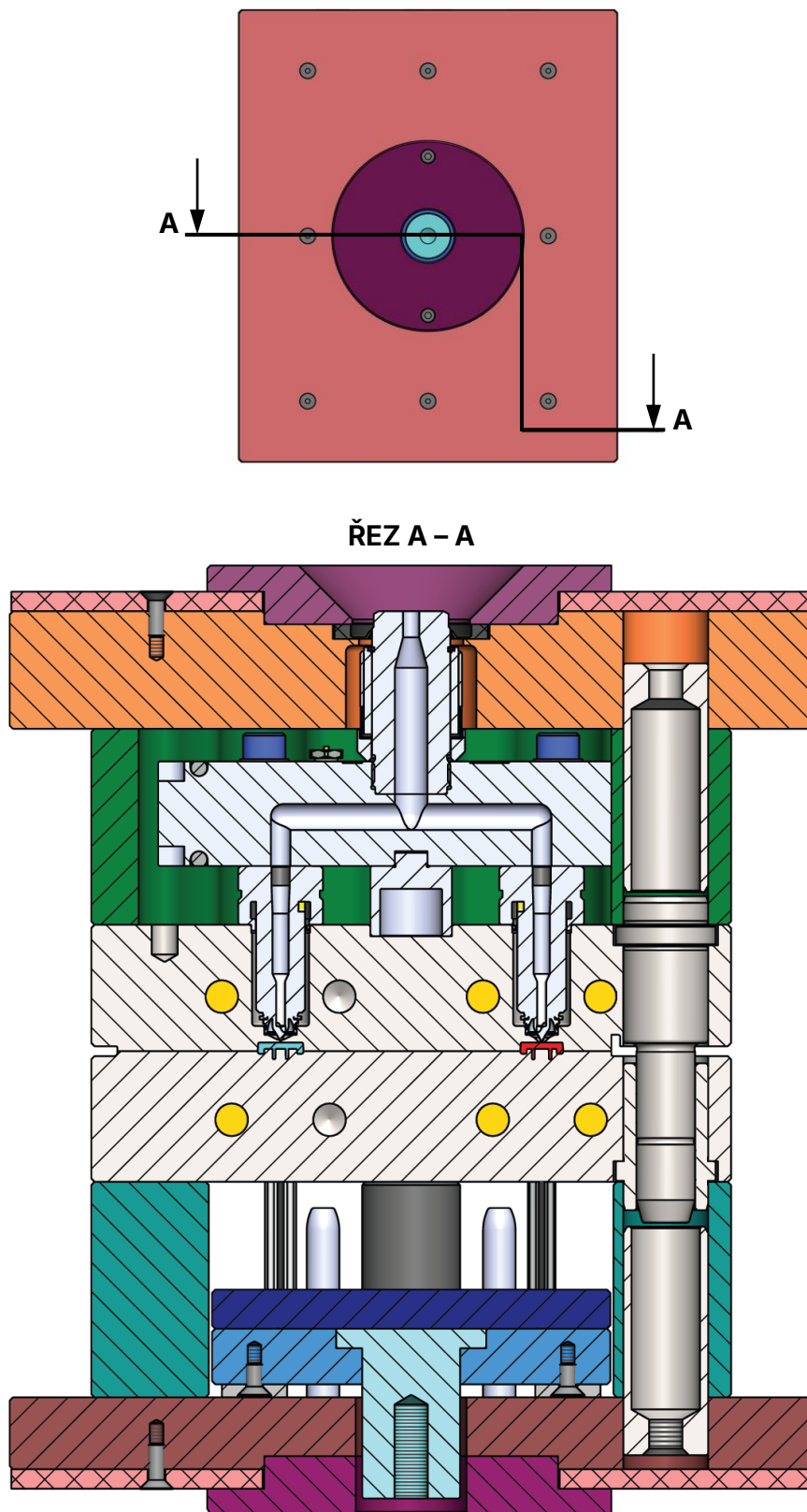
V předchozí kapitole byl zvolen koncept vstříkovací formy, včetně předběžného návrhu dílčích částí formy. Tato kapitola na předběžný návrh vstříkovací formy navazuje a podrobně popisuje hlavní konstrukční aspekty vstříkovací formy, jako jsou rozměry rámu, návrh dutiny, vtokový a temperační systém, vyhazovací systém atd. Vzhledem k tomu, že se jedná o „family“ formu, tak návrh vtokového systému zahrnoval také dimenzování ústí vtoků horkých trysek. Pro temperační a vyhazovací systém bylo navrženo více konstrukčních variant, které jsou mezi sebou porovnávány.

Při navrhování sestavy vstříkovací formy bylo snahou využít co nejvíce standardizovaných komponent (vodící prvky) a polotovarů (desky) dodávané firmou Meusburger Georg GmbH & Co KG. Návrh jednotlivých částí formy a vytvoření celkové sestavy a bylo provedeno pomocí CAD softwaru Solidworks. Výkres sestavy je příkládán v příloze č. 4 a č. 5, výrobní výkresy dílčích částí v příloze č. 6. Kompletní návrh vstříkovací formy v rozloženém stavu je vyobrazen na obr. 3.19.



Obr. 3.19 Kompletní návrh vstříkovací formy v rozloženém stavu

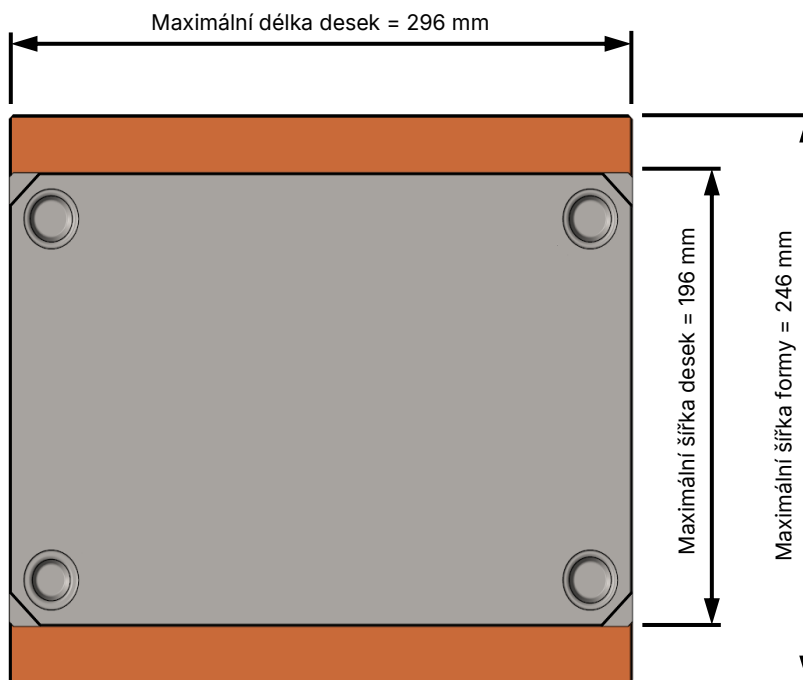
Na obr. 3.20 je zobrazena sestava vstřikovací formy v lomeném řezu. Z obrázku je patrná funkce jednotlivých částí, vzájemná vazba mezi nimi a jejich funkce.



Obr. 3.20 Lomený řez A-A navrženou vstřikovací formou

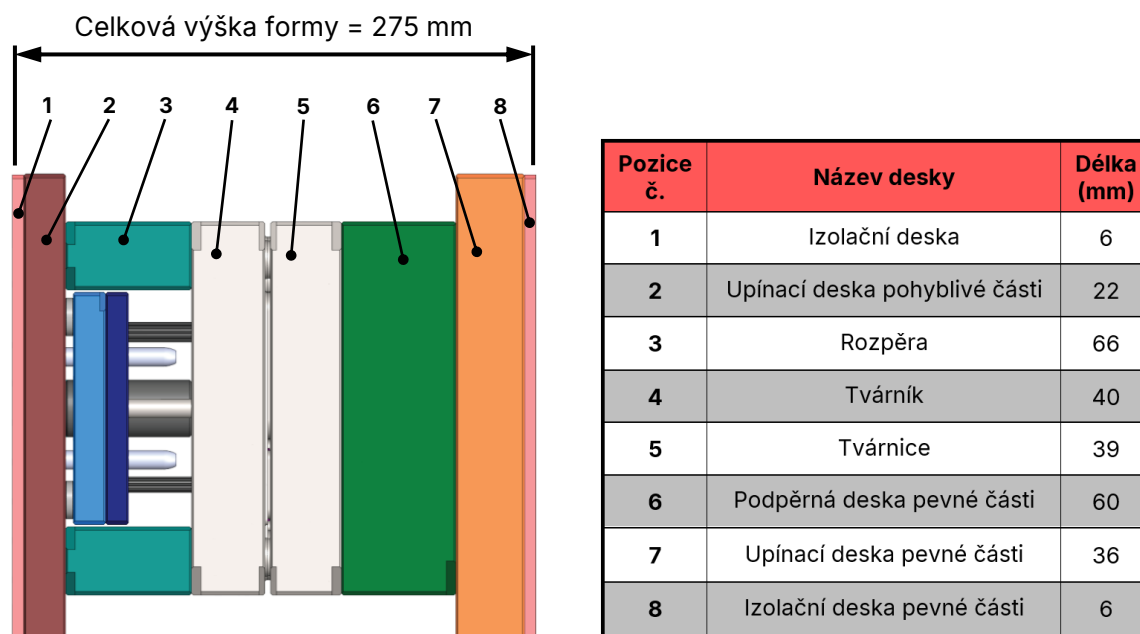
3.7.1 Rozměry vstříkovací formy

Rozměry desek rámu vstříkovací formy byly navrženy s ohledem na velikost obou vstříkovaných dílů a jejich zaformování. Dalším limitujícím faktorem byla vzdálenost sloupků vstříkovacího stroje Arburg Allrounder 320 C Golden Edition, která činila 320 mm. Zvolené desky byly vybrány v souladu s rozměry normálí výrobce Meusburger Georg GmbH & Co KG, tj. Navržená délka a šířka desek formy je uvedena na obr. 3.21.



Obr. 3.21 Rozměry desek vstříkovací formy

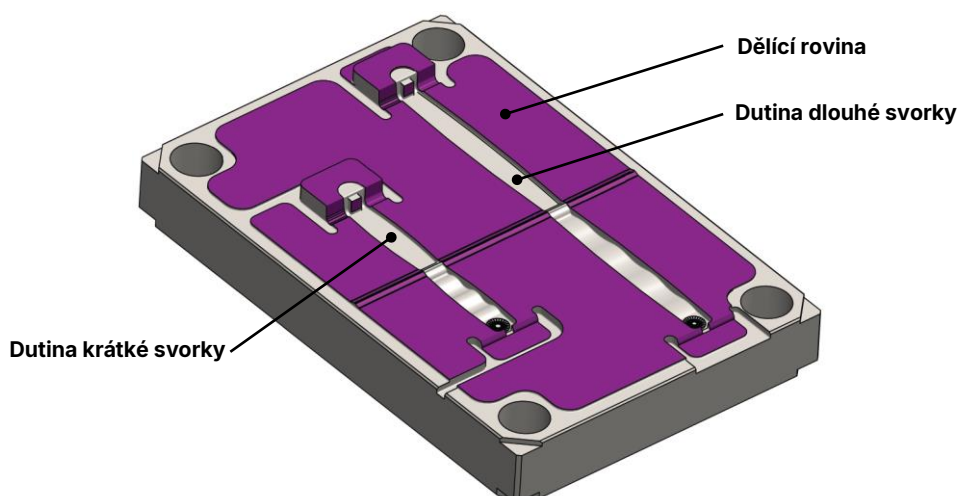
Kromě šířky a délky formy byla dalším důležitým parametrem celková výška formy. V technické listu vstříkovacího stroje (příloha č. 3) je uvedena minimální možná výška formy, tj. 200 mm a maximální výška formy 500 mm. Výška tvárnice a tvárníku byla navržena na základě dostatečného prostoru pro výrobu dutiny formy, temperačních kanálů a otvorů pro horký vtokový systém. Při navrhování výšek desek byl také brán zřetel na jejich dostatečnou pevnost a tuhost. Na pevné části formy byla navržena vysoká podpěrná deska, ve které je uložen horký vtokový rozvod. Výška rozpěr byla navržena s ohledem na délku zdvihu vyhazovacího systému. Celkový součet výšek desek je uveden na obr. 3.22.



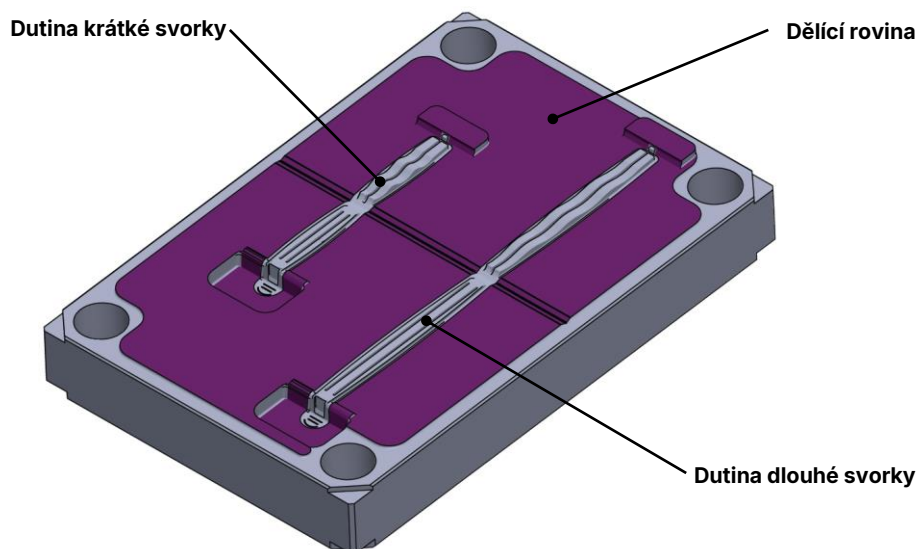
Obr. 3.22 Celková výška vstřikovací formy

3.7.2 Konstrukce tvarových dutiny

Navržená „family“ forma obsahuje tvarové dutiny pro dva odlišné výrobky, resp. pro krátkou a dlouhou svorku. Tvarovou dutinu tvoří tvarové části, které jsou zhotoveny přímo do desek. Při návrhu dutiny formy se musí brát v úvahu smrštění plastového dílu, které je závislé na druhu plastu. Dutina se tak musí objemově zvětšit o danou hodnotu smrštění. Vstřikovaným plastem je PP MOSTEN® FC 110 a dle materiálové listu (příloha č. 1) je podélné smrštění 1,77 % a příčné smrštění 1,97 %. Dutina tak byla objemově zvětšena o průměrnou hodnotu 1,8 % vůči požadovanému konečnému rozměru dílu (viz příloha č. 6). Konstrukce tvarových částí je uvedena na obr. 3.23 a obr. 3.24.

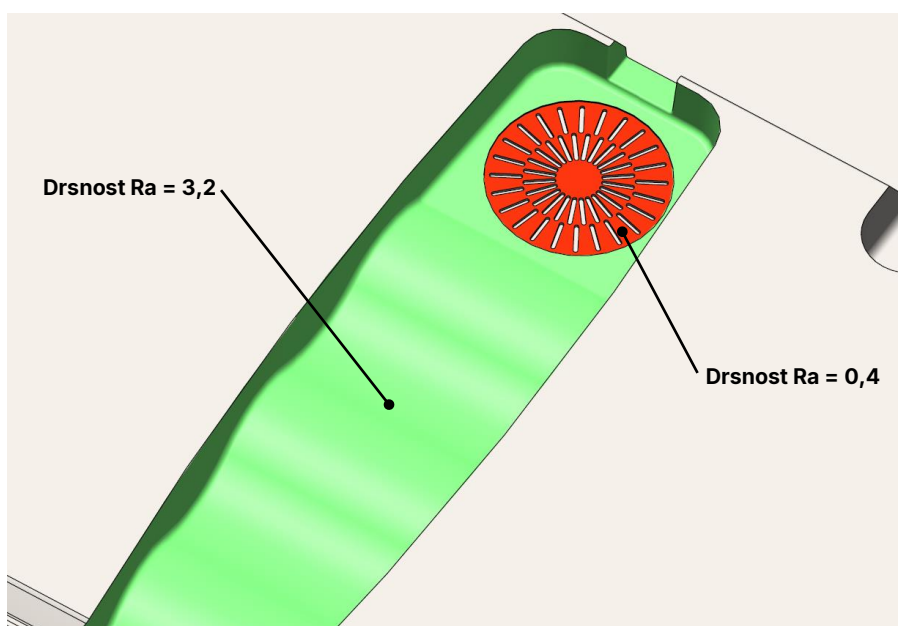


Obr. 3.23 Konstrukce tvárnice



Obr. 3.24 Konstrukce tvárníku

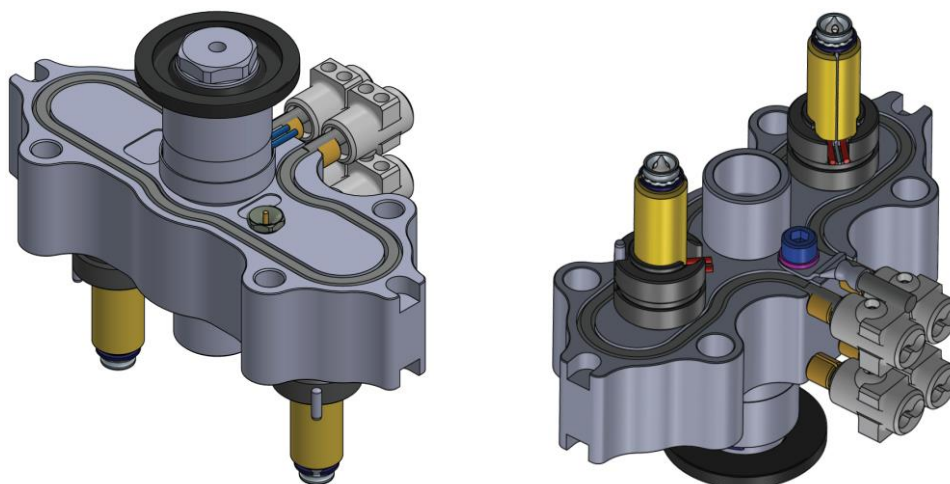
S tvárnicí a tvárníkem souvisí také drsnost povrchu dutiny formy. Dutiny forem se obvykle vyrábějí ve dvou hlavních krocích. V první fázi je dutina předobrobena technologií třískového obrábění na pětiosé frézce, čímž se získá hrubý tvar dutiny. V druhé fázi je dutina dokončena do požadovaného tvaru pomocí technologie elektroerozivního obrábění hloubícím nástrojem, kterým je v tomto případě grafitová elektroda. Drsnost povrchu dutiny tak závisí na nastavených parametrech stroje. Pro docílení matného vzhledu svorky byla zvolena drsnost povrchu dutiny dle vzorkovnice drsnosti VDI ref. 30, což odpovídá přibližně $Ra\ 3,2$. Vzhledem k tomu, že výška, resp. hloubka loga byla zvolena 0,3 mm, musí se vyhrazená ploška pro logo vyleštit na drsnost $Ra\ 0,4$. Plochy s odpovídající drsností jsou zobrazeny na obr. 3.25.



Obr. 3.25 Velikost drsností ploch dutiny formy

3.7.3 Konstrukce horkého vtokového systému

Výběr vtokového systému byl proveden již kapitole 3.6.3. Jedná se o horký vtokový systém, který vyrábí italská společnost Thermoplay S.p.A., viz obr. 3.26. Tento typ s obchodním označením 24A0164 je standardizovanou variantou horkého rozvodu s dvojicí horkých trysek o osové vzdálenosti 80 mm. Vyhřívání horkých trysek a rozváděcího bloku je zkonstruováno pomocí vnějších topných těles.



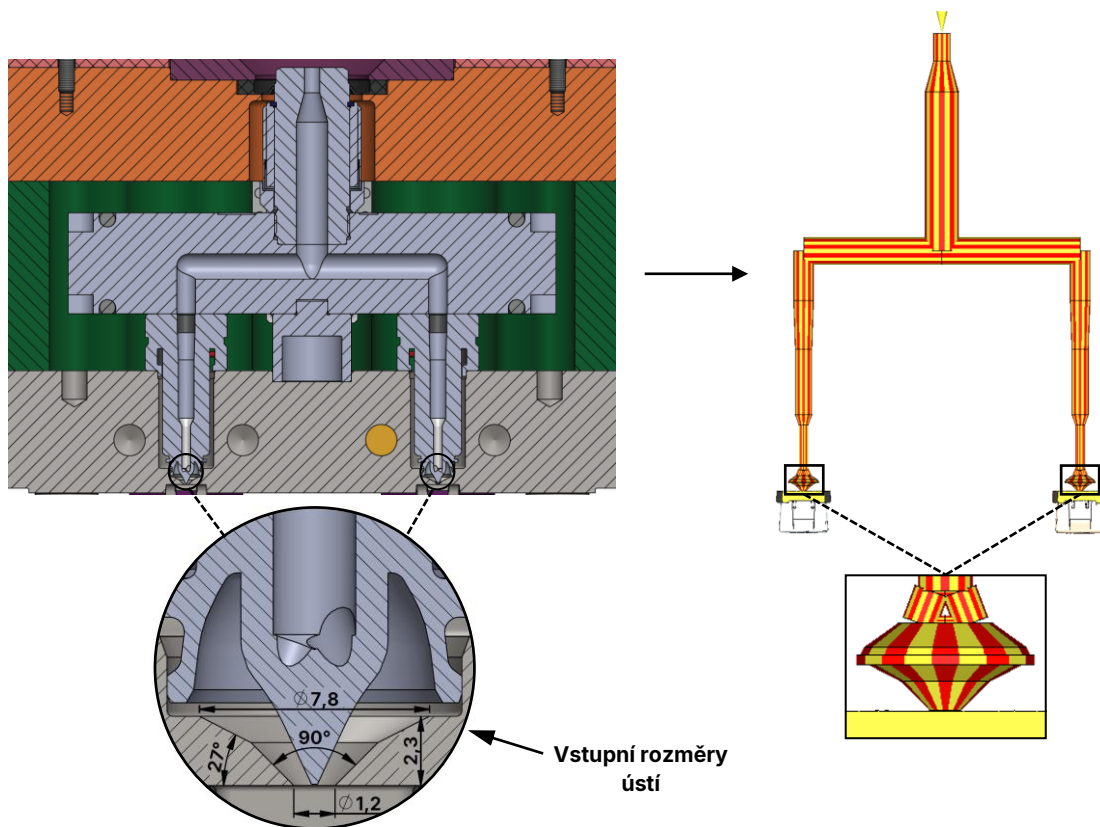
Obr. 3.26 Horký vtokový systém dodávaný firmou Thermoplay S.p.A.

Pro dosažení rovnoměrného zaplnění objemu obou dutin formy musí být správně nadimenzován rozměr ústí vtoku pro krátkou a dlouhou svorku. Výrobce horkého vtokového systému udává doporučené rozměry ústí (viz výkres horkého vtokového systému v příloze č. 6) pro dvounásobnou vstřikovací formu. Vzhledem k tomu, že se jedná o „family“ formu, budou obě ústí o jiném rozměru. Návrh rozměrů ústí byl proveden za pomoci simulačního softwaru pro vstřikování plastů s názvem Cadmould. Tento simulační software nabízí funkci automatického „balancování vtoku“, díky které bylo možné snáze dimenzovat rozměr ústí. V následujících částí kapitoly jsou popsány postupy simulace a návrh ústí vtoku.

Dimenzování ústí

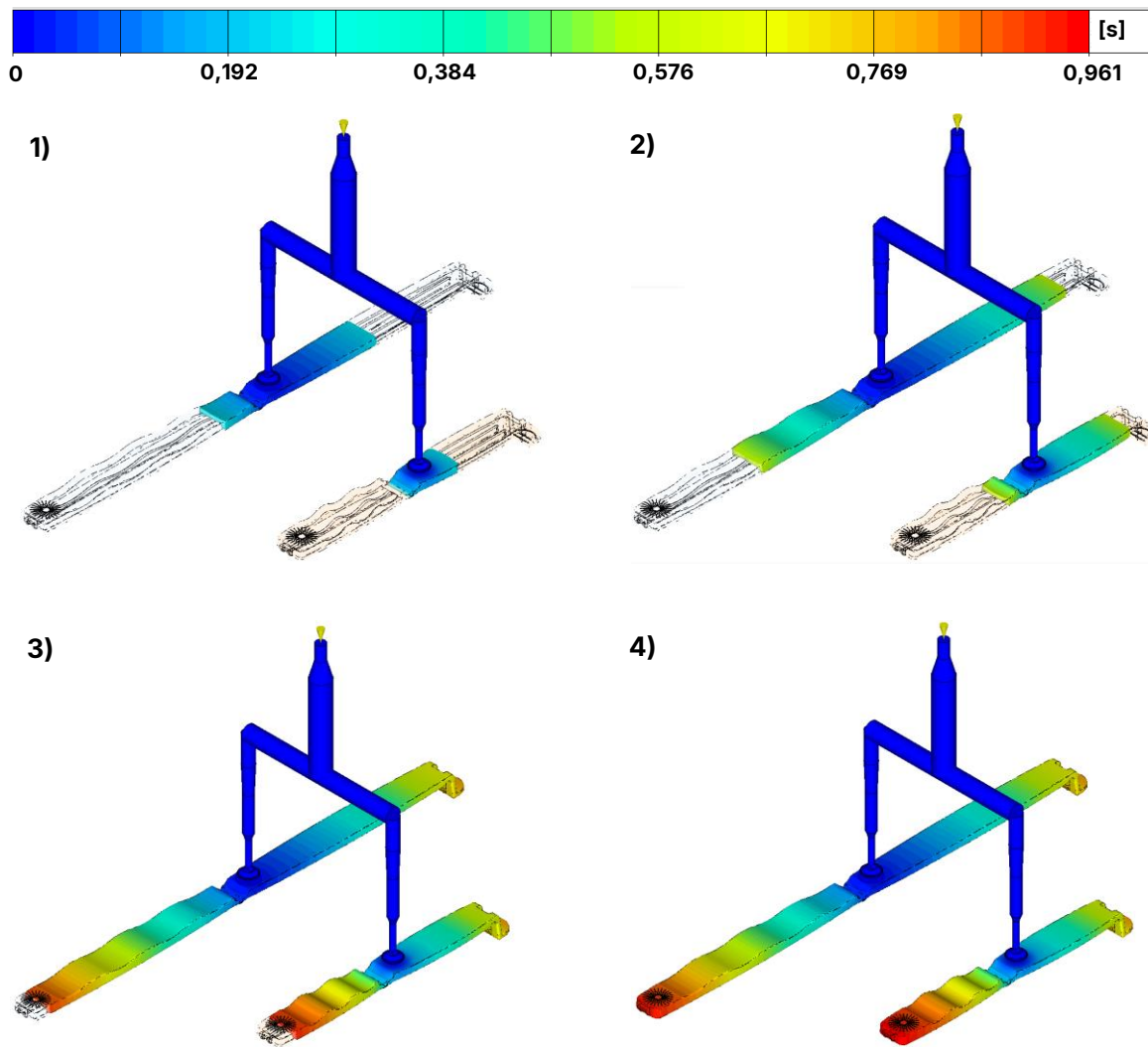
Začátkem přípravného procesu simulace pro simulování vstřikování plastu byla příprava geometrie vtokového systému. Software Cadmould pracuje na principu výpočtu se zjednodušenou geometrií kanálů horkého vtokového systému, která se pro přesný výpočet vytváří přímo v rozhraní softwaru. Pod pojmem zjednodušené geometrie je myšleno zanedbání např. zaoblení kanálů, průřezové mezikruží či izolační vrstvy od zatuhlé taveniny. V tomto případě byla geometrie kanálů simulována jako vyhříváné potrubí, které geometricky kopíruje objem dutiny daného

horkého vtokového systému. Schéma potrubí včetně vstupních rozměrů ústí udávaných výrobcem je uvedeno na obr. 3.27. Přestože by se mohlo zdát, že zjednodušení může ovlivňovat výpočet, tak vývojáři softwaru Cadmould zaručují, že tato konfigurace nemá negativní vliv na výsledek.



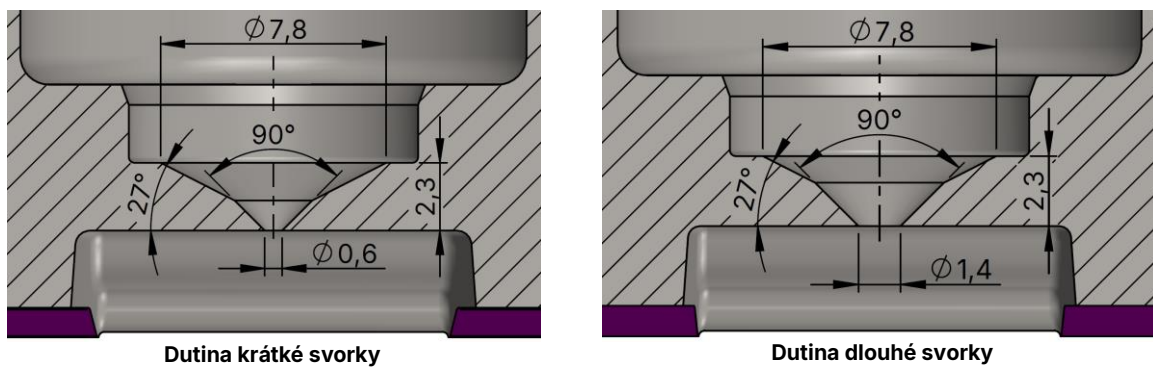
Obr. 3.27 Vytvoření vtokové potrubí z geometrie vtokového systému

Dimenzování ústí probíhalo pomocí analýzy toku taveniny při daných technologických podmínkách a parametrech simulace. Pro dutinu byla vytvořena výpočtová síť složená z 2D triangulárních elementů o absolutní délce hrany 1,2 mm. Knihovna materiálu neobsahovala PP Mosten FC110, proto byl pro simulaci zvolen alternativní polypropylen (PP) s obdobnou tekutostí s označením PP Adstiff HA740N. Rychlost plnění dutiny byla nastavena na hodnotu 6 cm³/s. Teplota taveniny plastu byla zvolena 250 °C a teplota povrchu formy byla nastavena na 40 °C při rovnoměrném odvodu tepla z povrchu dutiny formy. Přepnutí na dotlak bylo nastaveno při zaplnění dutiny z 98 % objemu o velikosti 400 barů po dobu trvání 6 sekund. Celková doba chlazení byla nastavena na 20 sekund. Na obr. 3.28 jsou vyobrazeny výsledky simulace zobrazující průběh plnění dutin formy po „vybalancování“ ústí. Z těchto výsledků je patrné, že plnění dutiny je rovnoměrné.



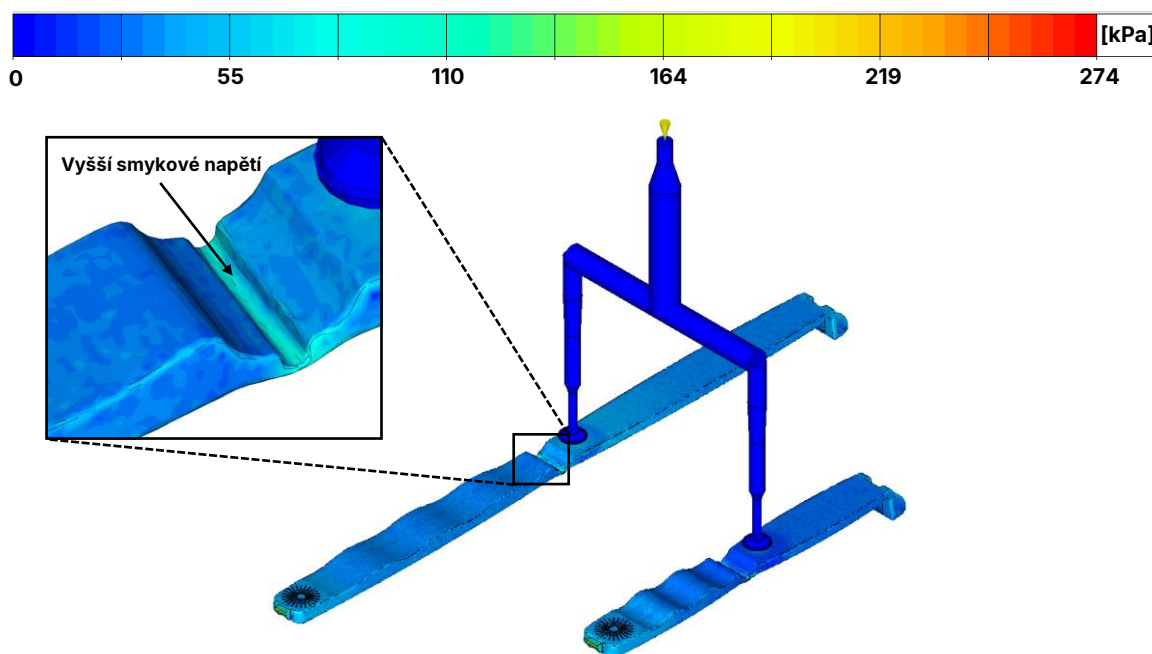
Obr. 3.28 Průběh plnění dutin s vhodnou geometrií ústí

Hlavním výsledkem tokové analýzy byly výsledné rozměry a geometrie „vybalancovaného“ ústí horkého vtokové systému, které jsou vyobrazené na obr. 3.29.



Obr. 3.29 Výsledky rozměrů (geometrie) ústí ze simulace

Při použití horkého vtokového systému je předpoklad nízkého smykového namáhání taveniny vlivem tečení. Oproti studenému rozvodu není tavenina ochlazována již v rozváděcích kanálech, což má za následek vyšší tekutost a tím pádem nižší smykové namáhání. Vzhledem k tomu, že vyráběné součásti obsahují filmový spoj, je v tomto místě požadováno vyšší smykové napětí pro dosažení orientace makromolekul. Smykové napětí však nesmí být příliš vysoké, neboť by mohlo docházet k degradaci materiálu. Za tímto účelem byla provedena kontrolní simulace, která potvrdila správnost konstrukce filmového spoje, viz obr. 3.30. Smykové napětí je v obou dutinách podobné, okolo 40 – 70 kPa. V místě filmového spoje bylo zpozorováno smykové napětí cca 110 kPa, což naznačuje, že dochází k orientaci makromolekul a zároveň nedochází k degradaci materiálu.

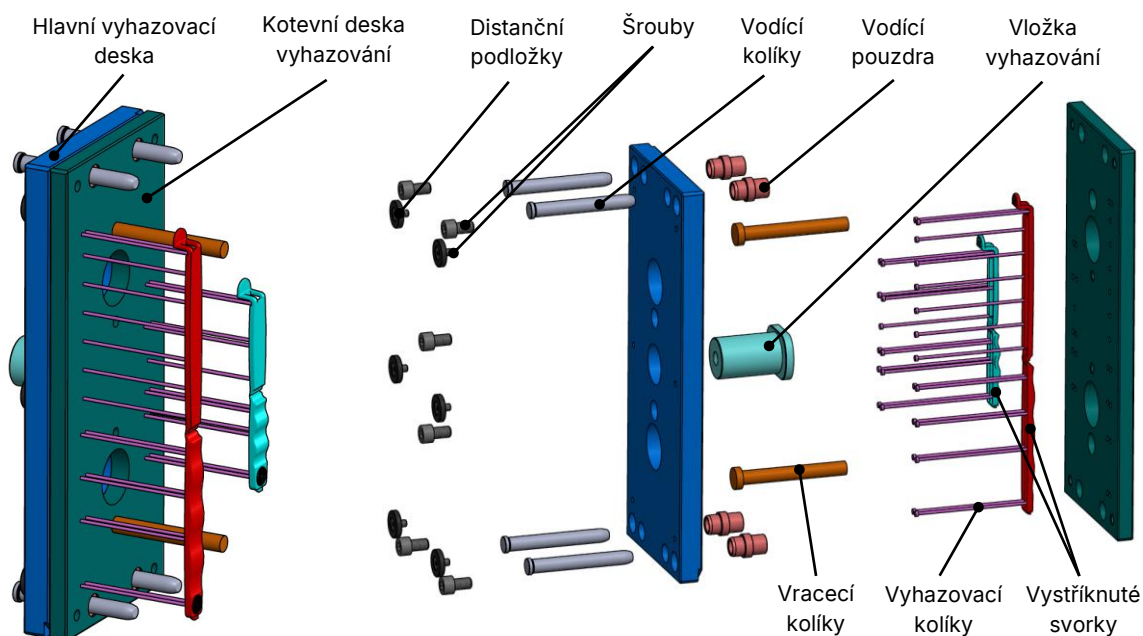


Obr. 3.30 Smykové napětí během plnicí fáze

3.7.4 Návrh vyhazovacího systému

Konstrukce vyhazovacího systému vychází z předběžného návrhu vyhazování zmíněném v kapitole 3.7.4. Výsledek návrhu vyhazovacího systému je uveden na obr. 3.31. Pro vyhazování součástí byly vybrány normalizované kolíky (ISO 6751) kruhového průřezu o průměru 2 mm, které bylo možné rozmístit do vnitřní plochy svorek. Vraccí kolíky byly stejného typu (ISO 6751) a jejich průměr byl zvolen 10 mm. Jedná se o levnou a dobře dostupnou variantu kolíků, dodávanou výrobcem Meusburger Georg GmbH & Co KG. Kolíky se následně zkrátily na požadovanou délku, jenž je uvedena na výrobních výkresech doložených v příloze č. 6. Součástí vyhazovacího systému jsou také dorazové destičky o výšce 4 mm. Rozsah

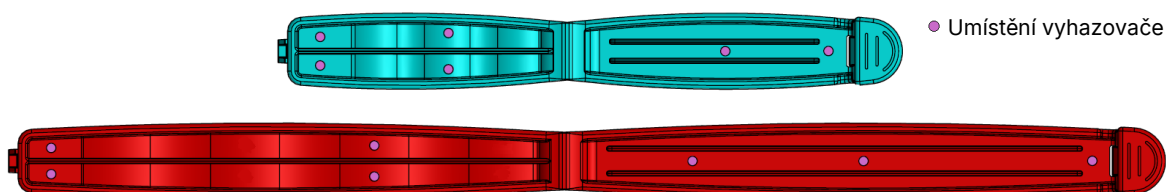
vzdálenosti vyhazování byl zvolen 33 mm, což je dostatečné vzhledem k výšce svorek (cca 12 mm). Celý vyhazovací paket je pak vedený pomocí vodících kolíků ukotvených v upínací desce pevné části. Propojení s vyhazovacím mechanismem stroje bylo zkonstruováno přes vyhazovací vložku, do které se našroubuje závitová tyč o velikosti M12. Varianty rozložení a počtu vyhazovacích kolíků jsou popsány níže.



Obr. 3.31 Vyhazovací systém vstřikovacího stroje ve složeném stavu (vlevo) a rozloženém stavu (vpravo)

Varianta A) Aplikace méně kolíků

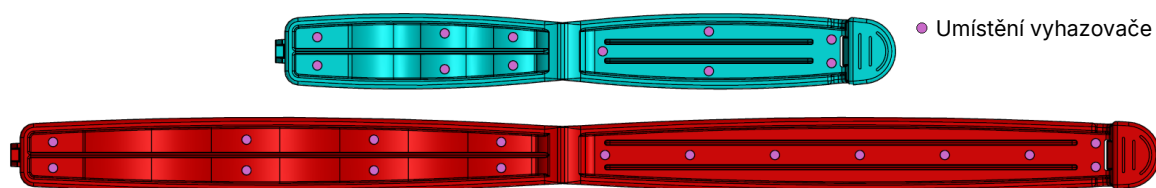
Základní možnou variantou vyhazování je se šesti vyhazovacími kolíky pro odformování krátké svorky a se sedmi vyhazovacími kolíky pro odformování dlouhé svorky. Jednotlivé vyhazovací kolíky jsou umístěny na nepohledovou část dílu, tedy na vnitřní plochu svorky. Výhodou je malý počet vyhazovacích kolíků, což kromě nízké pořizovací ceny má za následek také kratší obráběcí operace. Nevýhodou však je menší počet vyhazovacích kolíků v okolí filmového spoje, kde by mohlo docházet k jeho deformaci během vyhazování. Rozmístění vyhazovacích kolíků je vyobrazeno na obr. 3.32.



Obr. 3.32 Rozmístění vyhazovacích kolíků u varianty A)

Varianta B) Aplikace více kolíků

Varianta B) napravuje nedostatky varianty A). Při použití varianty B) je použito jedenáct vyhadzovacích kolíků pro odformování krátké svorky a šestnáct vyhadzovacích kolíků pro odformování dlouhé svorky. Tyto vyhadzovací kolíky jsou díky tomu rovnoměrněji rozložené, a hlavně jsou blíže umístěné k filmovému spoji. Jejich vysoký počet zároveň nabízí větší vyhadzovací plochu, kterou se docílí bezpečnější odformování dílu. Více kolíků má však za následek vyšší pořizovací cenu a zvýšení času obráběcích operací. Při porovnání obou variant jsem vyhodnotil, že pro návrh vyhadzovacího systému je vhodnější varianta B).



Obr. 3.33 Rozmístění vyhadzovacích kolíků u varianty B)

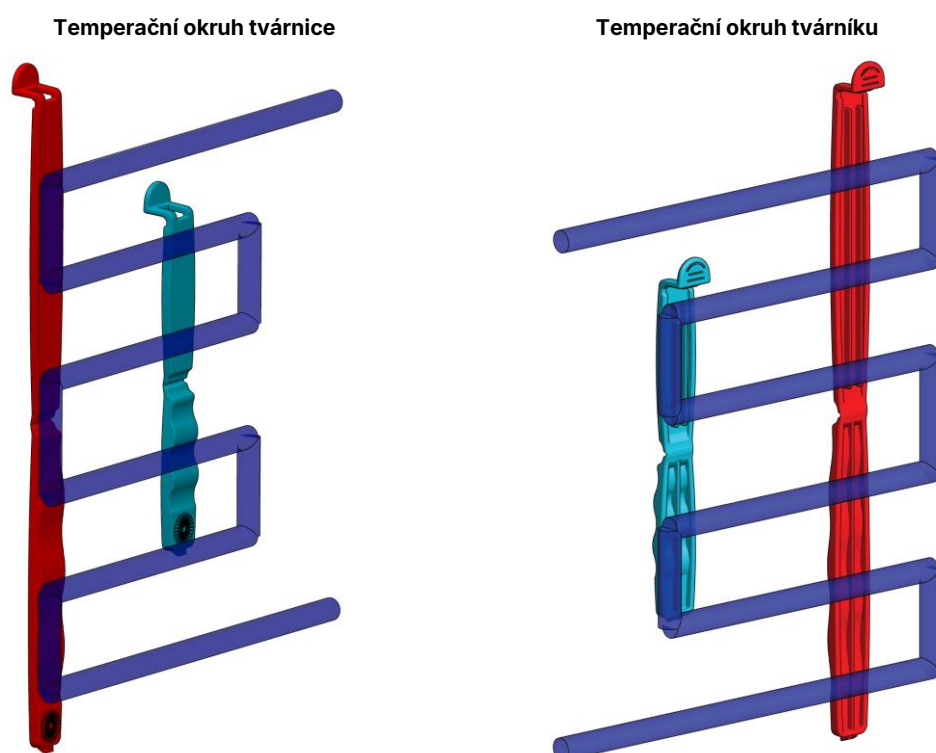
3.7.5 Dimenzování temperačního systému

Konstrukce temperačního systému byla představena v kapitole 3.6.5. Efektivnost chladicího okruhu je závislá především na uspořádání temperačních kanálů. Kromě toho má vliv na efektivnost také průměr temperačních kanálů. Při použití příliš malých temperačních kanálů hrozí riziko zanesení vodním kamenem a snížení účinnosti chlazení. V opačném případě, kanály nesmí být ani příliš velké, neboť při proudění temperačního média systémem nedochází k turbulentnímu proudění a rozdíl teplot mezi jednotlivými kanály je příliš velký. Turbulentní proudění má oproti laminárnímu proudění vyšší efektivnost odvodu tepla. Tvárník i tvárnice jsou opatřeny jedním samostatným chladícím okruhem z přímých kanálů, které jsou vrtány z bočních ploch. Jednotlivé otvory jsou pak „ucpány“ uzavíracími šrouby opatřenými těsnicí polytetrafluorethylenovou (PTFE) páskou, čímž se vytvoří funkční temperační okruh. K připojení temperačního okruhu na temperační jednotku byly použity standardizované přípojky o průměru 13 mm.

Chladicí okruh byl navržen celkem ve dvou variantách uspořádání kanálů. Obě varianty byly mezi sebou z konstrukčního hlediska porovnány. Zvolená varianta byla následně ověřena simulací v softwaru Cadmould.

Varianta A) Příčné uspořádání kanálů

První variantou temperačního systému je uspořádání kanálů v příčném provedení vůči dutinám svorek, viz obr. 3.34. Jedná se o jednoduchou variantu uspořádání s větším počtem kanálů seřazených vedle sebe. Takovéto uspořádání má výhodu, že není potřeba provrtávat příčné otvory skrz tvárnici či tvárník. Z hlediska uspořádání hadic na osazené formě je další výhodou umístění přívodu i odvodu temperačního média pouze z jedné strany. Naopak nevýhodou příčného uspořádání kanálů je nerovnoměrné teplotní pole. Problematické je také dimenzování průměru kanálů, neboť kanály prochází místem, kde jsou umístěné vyhazovacích kolíků. Průměr tak musí být omezen, aby nedocházelo ke kolizi s tvory pro kolíky.

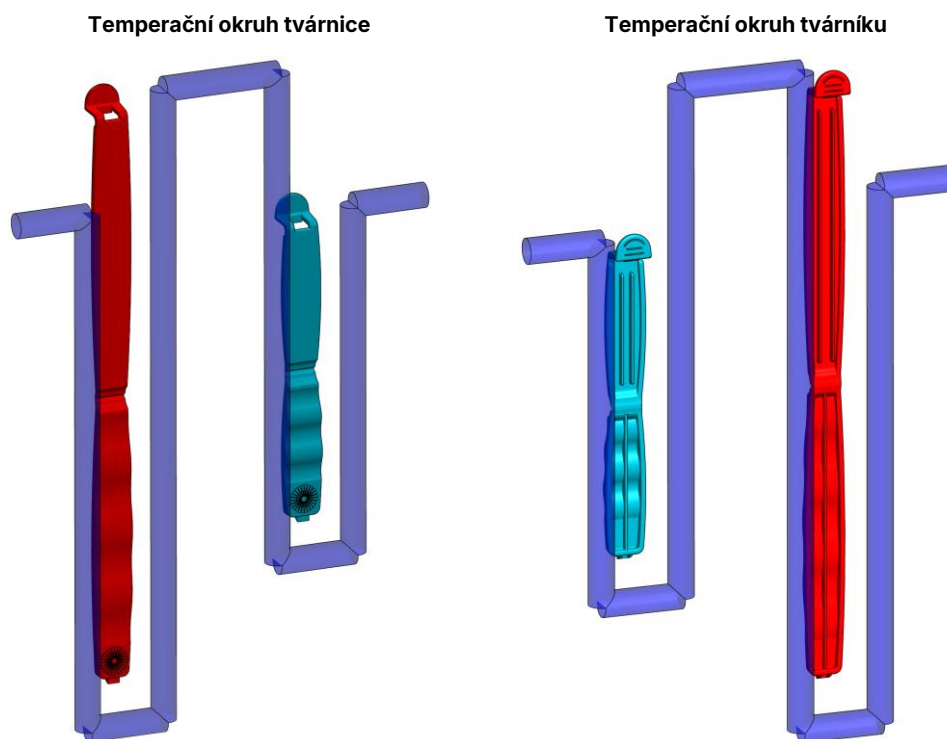


Obr. 3.34 Návrh temperačního okruhu varianty A)

Varianta B) Podélné uspořádání kanálů

Alternativní varianta uspořádání temperačních kanálů (označena jako varianta B) nabízí jejich podélné uložení ve tvárníku a tvárnici vůči dutinám svorek. Při takovéto konstrukci je zajištěno rovnoměrnějšího odvodu tepla z dutiny formy oproti variantě A). Vůči dělicí rovině je geometrie kanálů v tvárníku i tvárnici symetrická. Podélné kanály nemohou být umístěné v ose tvarové dutiny, což je nevýhodné pro temperačního systém, ale výhodné pro vyhazovací systém, protože se tak může umístit více vyhazovacích kolíků. Přestože kanály nejsou vedeny těsně pod tvarovou

dutinou formy, jejich umístění je stále v dostatečné blízkosti. Vzdálenost os kanálů od dělicí roviny byla navržena v tvárnici přibližně 17 mm a v tvárníku 21 mm. Průměrná vzdálenost temperačních kanálů od povrchu obou dutin formy tak je na tvárnici 12 mm a na tvárníku 16 mm. Navržená délka temperačního obvodu v obou částí byla naměřena přibližně 950 mm. Nevýhodou takového uspořádání může být umístění každé přípojky pro vstup a výstup temperačního systému na jiné straně.



Obr. 3.35 Návrh temperačního okruhu varianty B)

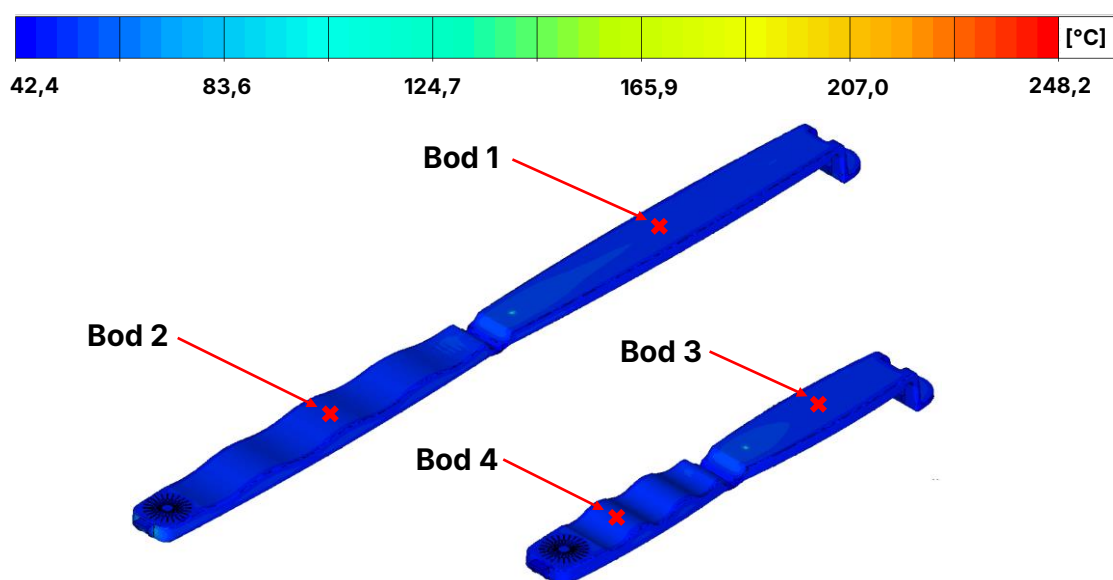
Posouzením obou variant temperačního okruhu jsem zvolil jako vhodnější typ variantu B) s podélným uspořádáním kanálů.

Návrh průměru kanálů

Dále bylo nutné určit průměr kanálů. Pro dostatečný průtok temperačního média nesměl být průměr kanálů příliš malý, ale zároveň ani příliš velký, protože by nedocházelo k žádoucímu turbulentnímu proudění kapaliny. Navrženy byly celkem dva možné průměry kanálů, 10 mm a 12 mm. Aby se porovnaly jednotlivé průměry, provedla se simulace pomocí simulačního softwaru Cadmould. Pro simulaci bylo nastaveno temperační médium (voda) o teplotě 40 °C, která proudí temperačním okruhem o rychlosti průtoku 5 l/min. Síť vytvořena pro temperační kanály byla složena z 2D triangulárních elementů o délce 1 mm. Výsledky simulace jsou v ustáleném stavu po provedení 20 cyklech, kdy doba 1 cyklu trvala 21,4 s. Materiál tvárníku a tvárnice

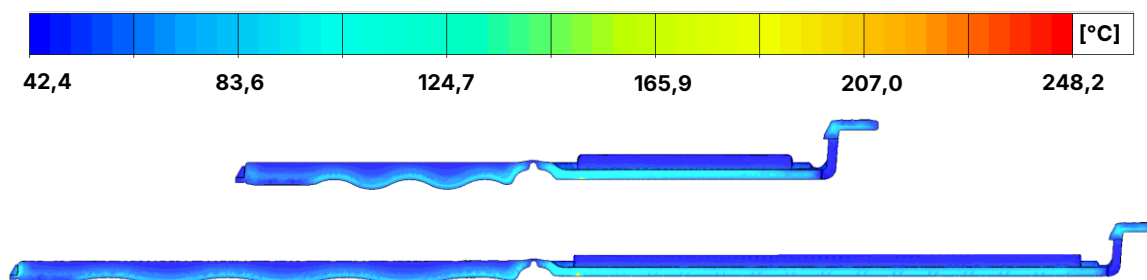
byl zvolen identický s jejich konstrukčním návrhem, tj. ocel 1.2312. Druh plastu a vstřikovací parametry zůstaly zcela totožné, jako tomu bylo v kapitole 3.7.3.

Na obr. 3.36 je znázorněna teplota na površích součástí v čase chlazení 18 sekund při použití uspořádání temperačního systému dle varianty B) s průměrem kanálů 10 mm. Již na první pohled je patrné, že oba díly byly rovnoměrně ochlazovány. Pro ověření byly dále změřeny teploty na čtyřech vyznačených bodech. Na povrchu dlouhé svorky, resp. v bodě 1 a 2, bylo odečteno 54,8 °C a 53,2 °C. U krátké svorky v bodech 3 a 4 byla naměřena teplota povrchu 54,1 °C a 52,5 °C. Z porovnání těchto výsledků vyplývá, že obě součásti jsou ochlazovány přibližně stejnou rychlostí.



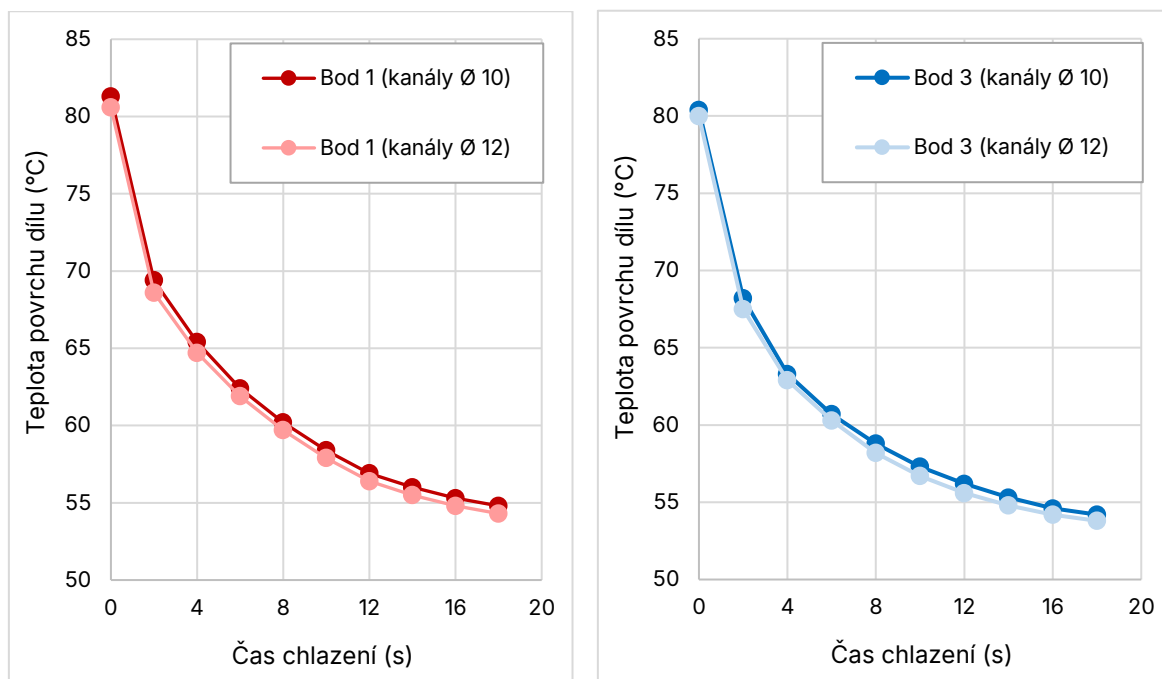
Obr. 3.36 Teplota na povrchu součástí v čase chlazení 18 s (průměr kanálů 10 mm)

Rovnoměrnost chlazení dílů byla potvrzena při provedení řezu zhotovenými součástmi. Z obr. 3.37 je viditelné rovnoměrné chlazení jádra obou součástí. To je způsobeno kromě vhodně nadimenzovaného temperačního systému také stejnou tloušťkou obou součástí.



Obr. 3.37 Teplota uvnitř součástí v čase chlazení 18 s

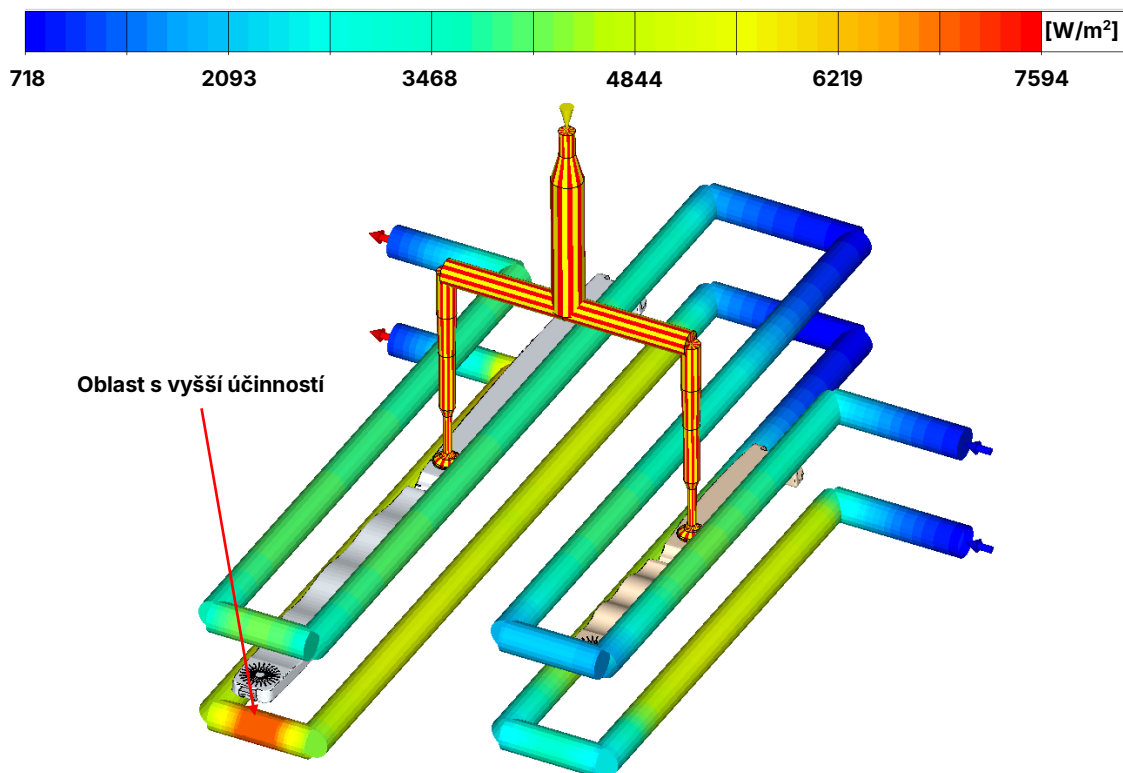
Pro srovnání byla ještě vyzkoušena totožná varianta uspořádání kanálů (tj. varianta B), ale s průměrem vrtání 12 mm. Simulace proběhla za zcela totožných podmínek a byla sledována teplota na površích součástí v bodech 1 a 3 v závislosti na čase. Naměřené hodnoty z provedené simulace jsou uvedeny v grafu 3.1.



Graf 3.1 Porovnání teplot povrchů dílů v závislosti na čase chlazení, v bodě 1 (vlevo) a v bodě 3 (vpravo)

Znázorněné výsledné hodnoty vyobrazené v grafech dokazují, že zvětšením průměru kanálů z 10 mm na 12 mm se nijak výrazně neovlivní celkový proces chlazení. Z těchto závěrů tedy vyplývá, že není nutné použít kanály o větším průměru.

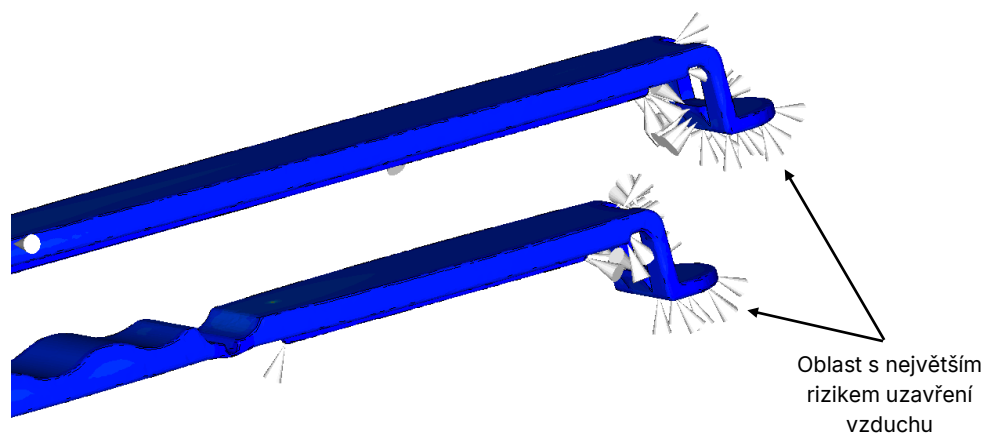
Konečný závěr je takový, že jsem zvolil navrženou variantu B) s podélným uspořádáním kanálů a s průměrem kanálů 10 mm. Na obr. 3.38 je ještě ukázka simulace tepelného toku pro navržený temperační systém, který zobrazuje množství odebraného tepla v daném místě kanálu. Z výsledků je patrné, že tepelný tok je v obou částech formy poměrně ustálený a v okolí tvarových dutin obdobně efektivní. Výjimku tvoří oblast na konci dlouhé svorky, kde je účinnost temperačního systému nepatrně vyšší v důsledku bližší pozice kanálu k povrchu dutiny formy. Bohužel z prostorových omezení nebylo možné tento kanál umístit do vzdálenější pozice od povrchu dutiny formy. Tato oblast však nemá negativní dopad na celkovou efektivitu temperačního systému.



Obr. 3.38 Tepelný tok odebraného tepla – varianta B) s kanály o \varnothing 10 mm

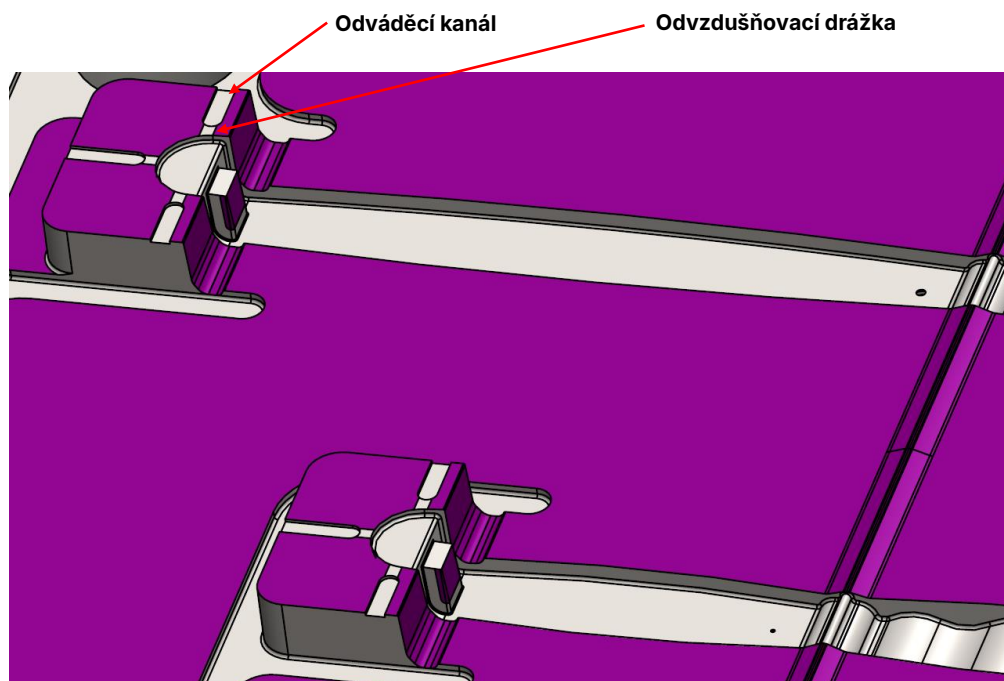
3.7.6 Konstrukce odzdušnění vstřikovací formy

Při vstřikování vznikají uvnitř dutiny plyny, které jsou z velké části vytlačeny přitékající taveninou z dutiny formy skrz dělicí rovinu. U dutin s dlouhou dráhou tečení a složitým tvarem roste riziko uzavření vzduchu při vstřikování. Přestože je svorka poměrně jednoduchý tvarový díl, na jeho konci má složitější zakřivený tvar. Právě tato oblast je riziková při plnění dutiny vstřikovací formy z hlediska uzavření vzduchu. Po provedené simulaci tečení a následném zobrazení míst s uzavřeným vzduchem bylo toto místo označeno jako nejrizikovější, viz obr. 3.39.



Obr. 3.39 Oblast s rizikem uzavření vzduchu

V oblasti, kde hrozí uzavření vzduchu bylo navrženo odvzdušnění, které bylo zkonstruováno na tvárnici. Odvzdušnění se skládá z odvzdušňovací drážky, kterou je odveden plyn z dutiny formy do odváděcího kanálu. Celkem byly zvoleny na jednu dutinu tři odvzdušňovací drážky. Výška drážek byla zvolena 0,02 mm, což je doporučený rozměr pro vstřikování polypropylenu (PP). Geometrie drážek je uvedena na obr. 3.40.



Obr. 3.40 Odvzdušňovací drážky

3.8 Výroba vstřikovací formy

Při návrhu konstrukce vstřikovací formy (kapitola 3.7) bylo zmíněno, že k výrobě formy budou použity standardizované komponenty. Tyto komponenty byly určitým způsobem již předpřipravené a po obdržení se do nich vyrobily požadované prvky, aby vyhovovaly konstrukci formy. Některé nakupované díly nevyžadovaly žádné dodatečné úpravy, např. vodící sloupky a vodící kolíky nebo vodící a středící pouzdra.

Výroba vstřikovací formy je časově náročný a zdlouhavý proces, zahrnující několik výrobních technologií. Po návrhu konstrukce vstřikovací formy, byla ihned zahájena výroba, která paralelně probíhala s vypracováním diplomové práce. Na obr. 3.41. je ukázka výroby této vstřikovací formy. Z obrázku je možné zpozorovat částečně sestavenou pohyblivou část vstřikovací formy, zhotovenou dutinu tvárnice či nakupované normálie vodících, středících a vyhazovacích prvků.

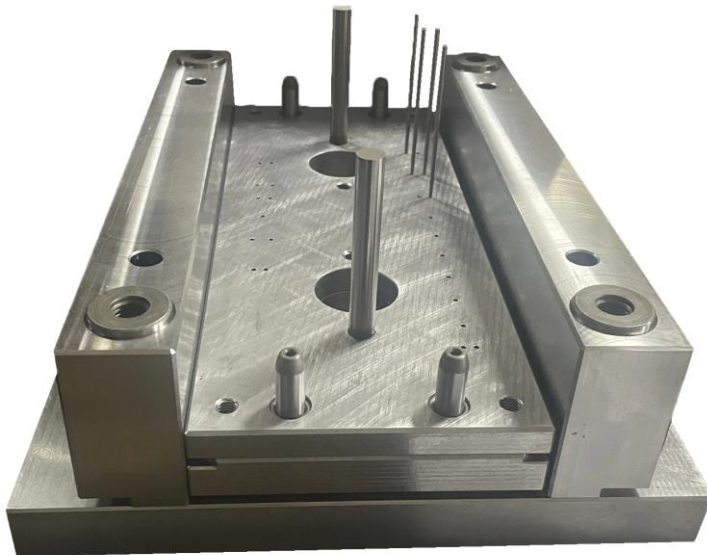
Zhotovená tvarová dutina v tvárnici



Vodící sloupek společně s vodícím pouzdem



Částečně sestavená pevná část vstříkovací formy



Vyhazovací kolíky



Podpěrné válce



Vyhazovací vložka



Zásuvka horkého vtokového systému



Obr. 3.41 Ukázka součástí z výroby vstříkovací formy

4 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce byl kompletní návrh konstrukčního řešení vstřikovací formy, který zahrnoval v prvním kroku shrnutí požadavků a specifikací na konstrukci vstřikovací formy. Mezi tyto požadavky byla zahrnuta hlavně výroba „family“ formy s rovnoměrným plněním obou dutin současně a zhotovení dílů s odděleným vtokovým systémem. Podle požadavků na konstrukci formy byly navrženy tři možné varianty konstrukce vstřikovacích forem, ze kterých byl vybrán jako nejvíce vyhovující koncept dvoudeskové vstřikovací formy s horkým vtokovým systémem. Na základě uvedených požadavků byl vypracován předběžný návrh jednotlivých systémů vstřikovací formy a volba materiálu desek. V předběžném návrhu byla také určena orientace dílů a jejich zaformování, které se odvíjelo od konstrukce plastových dílů. Na předběžný návrh byl plynule navázán detailní konstrukční návrh vstřikovací formy. V úvodní části byly zvoleny rozměry formy tak, aby korespondovaly s technickými požadavky vstřikovacího stroje Arburg Allrounder 320 C Golden edition. Následně byly zkonstruovány tvarové dutiny tvárnice a tvárníku včetně určení jejich povrchové drsnosti. Zvolený vtokový systém se skládal z rozváděcího bloku s dvojicí totožných horkých trysek. Vzhledem k tomu, že se jednalo o „family“ formu, bylo podstatné horký vtokový systém správně nadimenzovat. Dimenzování probíhalo určením geometrie ústí horkého vtokového systému pomocí simulačního softwaru Cadmould. Výsledky geometrie ústí pak byly aplikovány na otvory ústí horkých vtokových trysek nacházející se na tvárnici. Dále byly představeny způsoby vyhazování svorek z dutiny vstřikovací formy. Celkem byly navrženy dvě varianty s různým počtem vyhazovacích kolíků, ze kterých byla zvolena varianta s vyšším počtem vyhazovacích kolíků, díky větší vyhazovací ploše. Následně byly navrženy dvě varianty vrtaných temperačních kanálů. Při porovnání těchto dvou variant byla zvolena varianta s příčným uložením temperačních kanálů vůči ose symetrie dutiny formy. U dané varianty byl zvolen průměr kanálů 10 mm, který byl následně ověřen v softwaru Cadmould. Dále bylo navrženo odvodušnění dutiny formy, které se odvíjelo od analýzy míst s rizikem uzavření vzduchu v softwaru Cadmould. V závěru práce byla představena ukázka výroby vstřikovací formy, resp. výroby dílčích komponent vstřikovací formy.

Kromě návrhu konstrukce vstřikovací formy byl navržen také vstřikovaný plastový díl. Navrhovanou součástí se stala potravinářská svorka, která slouží k uzavírání např. mikrotenových sáčků. Tato svorka byla navržena v pohledném

designu s oblými prvky, na kterých se nachází rovná ploška s vystouplým logem Technické univerzity v Liberci. Navržena byla ve dvou provedeních, základním o délce 6 cm a prodlouženém o délce 12 cm. Poté následovala konstrukce dílu dle konstrukčních doporučení pro návrh plastových dílů, která se odvíjela od konstrukčních zásad uvedených v teoretické části.

Vypracováním podrobného konstrukčního návrhu vstříkovací formy byl splněn hlavní cíl diplomové práce. Konstrukční návrh byl následně využit k zhotovení vstříkovací formy, pomocí které budou vyráběny navržené svorky na uzavírání sáčků. Osazení vstříkovací formy na vstříkovací stroj a otestování formy, je naplánované na poslední týden květnového měsíce roku 2024. Zhotovené potravinářské svorky představím při obhajobě diplomové práce u státní závěrečné zkoušky na Technické univerzitě v Liberci.

Seznam použité literatury

- [1] Výroba forem pro vstřikování plastů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. [vid. 2024-05-18]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vyroba-form-pro-vstrikovani-plastu-2>
- [2] MACLEAN-BLEVINS, Mark T. *Designing successful products with plastics: fundamentals of plastic part design*. Kidlington, Oxford: William Andrew, Applied Science Publishers, 2017. ISBN 978-0-323-44501-6.
- [3] SEIDL, Martin. *Konstrukce plastových dílů*. Vydání první. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019. ISBN 978-80-7494-461-1.
- [4] *Engineering Plastics - Part and Mold Design* [online]. B.m.: LANXESS. 2007. Dostupné z: https://techcenter.lanxess.com/scp/americas/en/docguard/Part_and_Mold_Design_Guide.pdf?docId=77015
- [5] Plastic Products Wall Thickness: The Most Recommended Reference. *ProtoTool* [online]. [vid. 2024-03-12]. Dostupné z: <https://prototool.com/plastic-products/>
- [6] MALLOY, Robert A. *Plastic part design for injection molding: an introduction*. 2nd ed. Munich: Hanser, 2011. ISBN 978-1-56990-436-7.
- [7] PALOIAN, Michael. Injection molding design fundamentals: Snap-fits for plastic parts. *Plastics Today* [online]. 15. listopad 2019 [vid. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.plasticstoday.com/injection-molding/injection-molding-design-fundamentals-snap-fits-for-plastic-parts>
- [8] Living Hinge Design: The Ultimate Guide. *REVPART* [online]. [vid. 2024-03-09]. Dostupné z: <https://revpart.com/living-hinge-design-guide/>
- [9] Living Hinge Basics for Injection Molding. *Protolabs Manufacturing Accelerated* [online]. 24. červenec 2017 [vid. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.protolabs.com/resources/blog/living-hinge-basics-for-injection-molding/>
- [10] BEALL, Glenn. By Design: Polypropylene part design, Part 2 – Living hinges. *Plastics Today* [online]. 25. červenec 2002 [vid. 2024-03-10]. Dostupné z: <https://www.plasticstoday.com/materials/by-design-polypropylene-part-design-part-2-living-hinges>
- [11] Designing The Best Living Hinge. *Xcentric Mold & Engineering* [online]. Dostupné z: <https://xcentricmold.com/designing-the-best-living-hinge/>
- [12] Living Hinge. *eFunda* [online]. [vid. 2024-04-01]. Dostupné z: https://www.efunda.com/designstandards/plastic_design/hinge.cfm
- [13] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů I. díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vydání. Brno: UNIPLAST Brno, 1999.

- [14] BOBČÍK, Ladislav. *Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů*. 1. vydání. Brno: UNIPLAST Brno, 1999.
- [15] VLACHOPOULOS, J. a D. STRUTT. Polymer processing. *Materials Science and Technology* [online]. 2003, **19**(9), 1161–1169. ISSN 0267-0836, 1743-2847. Dostupné z: doi:10.1179/026708303225004738
- [16] BOBEK, Jiří. *Vstřikovací formy pro zpracování termoplastů* [online]. B.m.: Code Creator, s.r.o., 2016. ISBN 978-80-88058-65-6. Dostupné z: <https://publi.cz/books/179/Cover.html>
- [17] KAZMER, David O. *Injection mold design engineering*. 2nd edition. Munich: Hanser Publishers, 2016. ISBN 978-1-56990-570-8.
- [18] Types of Injection Molds: Examining Various Categories and Features. *Rapid Direct* [online]. 19. srpen 2022 [vid. 2024-03-31]. Dostupné z: <https://www.rapiddirect.com/blog/types-of-injection-molds/>
- [19] FOLGADO, R., P. PEÇAS a E. HENRIQUES. Life cycle cost for technology selection: A Case study in the manufacturing of injection moulds. *International Journal of Production Economics* [online]. 2010, **128**(1), 368–378. ISSN 09255273. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijpe.2010.07.036
- [20] FU, M. W., J. Y. H. FUH a A. Y. C. NEE. Core and cavity generation method in injection mould design. *International Journal of Production Research* [online]. 2001, **39**(1), 121–138. ISSN 0020-7543, 1366-588X. Dostupné z: doi:10.1080/00207540010002379
- [21] GORDON, M. Joseph. *Total quality process control for injection molding*. 2nd ed. Hoboken, N.J: Wiley, 2010. Wiley series in plastics engineering and technology. ISBN 978-0-470-22963-7.
- [22] KE, Kun-Cheng a Ming-Shyan HUANG. Quality Classification of Injection-Molded Components by Using Quality Indices, Grading, and Machine Learning. *Polymers* [online]. 2021, **13**(3), 353. ISSN 2073-4360. Dostupné z: doi:10.3390/polym13030353
- [23] GASTROW, Hans, E. LINDNER a P. UNGER. *Injection molds: 130 proven designs*. 3rd ed. / edited by Edmund Lindner and Peter Unger. Munich: Cincinnati: Hanser Publishers; Hanser/Gardner [distributor], 2002. ISBN 978-1-56990-316-2.
- [24] PALOIAN, Michael. Injection molding design: 10 critical considerations for designing high-quality molded parts, part one. *Plastics Today* [online]. 4. srpen 2019 [vid. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://www.plasticstoday.com/injection-molding/injection-molding-design-10-critical-considerations-for-designing-high-quality-molded-parts-part-one>
- [25] RASMUSSEN, Patty. Components of an Injection Mold. *East West* [online]. 22. leden 2020 [vid. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://news.ewmfg.com/blog/components-of-an-injection-mold>
- [26] *The Eight Types Of Injection Molds* [online]. [vid. 2024-04-04]. Dostupné z: <https://prototool.com/types-of-injection-molds/>

- [27] What is 3 plates plastic mould? *TOPWORKS PLASTIC MOLD* [online]. [vid. 2024-03-06]. Dostupné z: <https://www.myplasticmold.com>
- [28] JACKIE. Three plate mold. *Ecomolding* [online]. [vid. 2024-03-06]. Dostupné z: <https://www.injectionmould.org/2019/03/25/3-plates-mold/>
- [29] 2 Plate Mold Or 3 Plate Mold: The Difference. *ProtoTool* [online]. [vid. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://prototool.com/2-plate-mold-or-3-plate-mold/>
- [30] BEAUMONT, John P. a Mark SMITH. *Runner and gating design handbook: tools for successful injection molding*. 3rd vyd. Cincinnati: Hanser Publications, 2019. ISBN 978-1-56990-590-6.
- [31] CAMPO, E. Alfredo. *The complete part design handbook: for injection molding of thermoplastics*. München: Hanser, 2006. ISBN 978-3-446-40309-3.
- [32] LENFELD, Petr. *Technologie vstřikování* [online]. B.m.: Code Creator, s.r.o, 2016. ISBN 978-80-88058-74-8. Dostupné z: <https://publi.cz/books/184/Cover.html>
- [33] HYNEK, Martin a kol. *Studené a živé vtokové systémy* [online]. Plzeň, 2013 [vid. 2024-04-08]. Západočeská univerzita v Plzni. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18161288-Studene-a-zive-vtokove-systemy.html>
- [34] ŽÁK, Ladislav. *Výroba součásti Dvojité koleno HTHT32/40 GI* [online]. Brno, 2020 [vid. 2024-04-07]. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Dostupné z: <https://dspace.vut.cz/server/api/core/bitstreams/308b9be4-1ddc-47f7-abbe-076287517928/content>
- [35] GE, Zhenghao, Xuemin DONG, Qingkai YUAN a Yanni LI. The CAD/CAM of Stacked Injection Mould Design with Hot Runner System for the Inside Bracket of Pick-up Head. In: *2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation (ICMTMA 2010): 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation* [online]. Changsha City, China: IEEE, 2010, s. 814–817 [vid. 2024-03-07]. ISBN 978-1-4244-5001-5. Dostupné z: doi:10.1109/ICMTMA.2010.522
- [36] LUCAS, David. Hot runner system in moulding. *YouTube* [online]. 28. duben 2021 [vid. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=rKSbJOgAK-0>
- [37] MIKÓ, B a F BOÓR. Enhancing of injection mould quotation accuracy. *Estonian Journal of Engineering* [online]. 2007, **13**(2), 94. ISSN 1736-6038. Dostupné z: doi:10.3176/eng.2007.2.03
- [38] BRYDSON, J.A. Relation of Structure to Thermal and Mechanical Properties. In: *Plastics Materials* [online]. B.m.: Elsevier, 1999 [vid. 2024-04-11], s. 59–75. ISBN 978-0-7506-4132-6. Dostupné z: doi:10.1016/B978-075064132-6/50045-0
- [39] FRENKLER, Daniel a Henryk ZAWISTOWSKI. *Hot runners in injection moulds*. Shawbury, Shrewsbury: RAPRA Technology, 2001. ISBN 978-1-85957-208-5.

- [40] Revisiting Some Hot Runner Fundamentals. *Mold Making Technology* [online]. 30. leden 2020 [vid. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://www.moldmakingtechnology.com/articles/the-fundamentals-of-hot-runners->
- [41] Hot Runners and Valve Gate Systems: A Moldmaking Team. *Mold Making Technology* [online]. [vid. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.moldmakingtechnology.com/articles/hot-runners-and-valve-gate-systems-a-moldmaking-team>
- [42] SOVA, Miloš. *Ostatní speciální způsoby vstřikování plastů* [online]. 6. červen 2015 [vid. 2024-04-16]. Dostupné z: <https://www.strojirenstviprofi.cz/33/ostatni-specialni-zpusoby-vstrikovani-plastu-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqQUkSFod1GxYUboSrtli0/>
- [43] MENGES, Georg, Walter MICHAELI, Paul MOHREN a Georg MENGES. *How to make injection molds*. 3. ed. Munich: Hanser, 2001. ISBN 978-1-56990-282-0.
- [44] Where And How To Vent In Injection Molding? *ProtoTool* [online]. [vid. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://prototool.com/injection-mold-venting/>
- [45] Material grades. *Meusburger* [online]. [vid. 2024-04-13]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/EN/US/die-casting/material-grades-f>
- [46] O nás. *Hasco* [online]. [vid. 2024-04-14]. Dostupné z: <https://www.hasco.com/cs/hasco>
- [47] Používání normalizovaných dílů. *Festool* [online]. [vid. 2024-04-14]. Dostupné z: <http://www.vyrobaforem.cz/cs/normalie.html>
- [48] E-Components. *Meusburger* [online]. [vid. 2024-04-14]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/EN/US/customers/mould-making/product-overview/components>
- [49] Standards for your succes. *Meusburger* [online]. [vid. 2024-04-14]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/EN/GB/info>
- [50] Normálie pro výrobu forem. *Meusburger* [online]. [vid. 2024-04-14]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/zakaznici/mould-making/product-overview>
- [51] *Technický list PP MOSTEN® FC 110* [online]. Dostupné z: https://www.pp-mosten.com/Mosten/media/content/PDF_CZ/TDS-FC-110.pdf
- [52] ARBURG Allrounder Golden Edition. *Rafo* [online]. [vid. 2024-05-09]. Dostupné z: <https://www.rafo.se/goldenedition/>
- [53] *Vedení* [online]. [vid. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://beta.meusburger.com/cs-cz/vyroba-nastroju-a-forem/komponenty/vodici-elementy?categoryId=2417>
- [54] *1.2312 TOOL STEEL* [online]. [vid. 2024-05-06]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/EN/GB/material-grades/12312-tool-steel>

[55] 1.1730 TOOL STEEL. *Meusburger* [online]. [vid. 2024-05-19]. Dostupné z: <https://www.meusburger.com/CS/CZ/material-grades/11730-tool-steel>

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Materiálový list PP MOSTEN® FC 110	83
Příloha č. 2 – Výrobní výkresy vstříkovaných dílů (svorek)	85
Příloha č. 3 – Parametry vstříkovacího stroje Arburg 320 C Golden Edition	87
Příloha č. 4 – Kusovník (BOM)	93
Příloha č. 5 – Výkres sestavy vstříkovací formy	95
Příloha č. 6 – Výrobní výkresy jednotlivých komponent formy	98

Příloha č. 1 – Materiálový list PP MOSTEN® FC 110

PP MOSTEN® FC 110

TECHNICKÝ LIST

HOMOPOLYMER PRO VÝROBU FÓLIÍ

MFR (230/2,16): 10 g/10 min

MOSTEN FC 110 je polypropylen vyráběný v Unipetrolu RPA technologií INNOVENE™ PP.

CHARAKTERISTIKA

- kluzné činidlo – erucamid
- antiblokační činidlo
- bezftalátový

MEZINÁRODNÍ OZNAČENÍ

- ISO 19069-PP-H,,FBS,16-02-090

APLIKACE

- lité fólie (20 – 200) µm pro papírenský a textilní průmysl

MATERIÁLOVÉ VLASTNOSTI (typické hodnoty, netvoří specifikaci daného typu)

PARAMETR	ZKUŠEBNÍ METODA	JEDNOTKA	HODNOTA
REOLOGICKÉ VLASTNOSTI			
Index toku taveniny (230 °C/2, 16 kg)	ISO 1133-1	g/10 min	10
Výrobní smrštění podélně	ISO 294-3,4	%	1,77
Výrobní smrštění napříč			1,97
MECHANICKÉ VLASTNOSTI			
Modul pružnosti v ohybu	ISO 178	MPa	1450
Modul pružnosti v tahu	ISO 527-1,2		1400
Napětí na mezi kluzu			34
Prodloužení na mezi kluzu		%	10
Celková tažnost			200
Vrubová houževnatost Charpy při 23 °C	ISO 179-1	kJ/m ²	3,5
TEPELNÉ VLASTNOSTI			
Teplota tání (DSC)	ISO 11357-1,3	°C	168 - 172
Teplota měknutí dle Vicata (VST)	ISO 306		155
HDT (1,8 MPa)	ISO 75-1,2		53
OSTATNÍ VLASTNOSTI			
Tvrdość Shore D	ISO 868	-	65

ZPRACOVATELSKÉ PODMÍNKY

PARAMETR	DOPORUČENÁ HODNOTA	JEDNOTKA
Teplota taveniny	200 - 270	°C
Teplota chladicích válců	10 - 50	
Délka šneku	≥ 25 d*	-

* Průměr šneku

Vydal: Odbor Product Intelligence - Polyolefins
Nahrazuje vydání z: 14. 11 2019

tel.: 476 162 912
Platnost od: 01. 02. 2021

MOSTEN® je registrovaná ochranná známka ORLEN Unipetrol RPA s.r.o.



PP MOSTEN®

TECHNICKÝ LIST

VZHLEDOVÉ VLASTNOSTI

PP MOSTEN neobsahuje žádné mechanické nečistoty. Je dodáván v podobě přírodního granulátu. Typická délka pelet se pohybuje v rozmezí (2 – 7) mm, typické rozmezí sypané hmotnosti PP MOSTEN je (450 – 600) kg/m³.

TEPLOTNÍ VLASTNOSTI

PP MOSTEN se vyznačuje dobrými tepelně-izolačními vlastnostmi. Oblast teplot tání krystalického podílu homopolymerů je (162 - 166) °C, kopolymerů (140 - 167) °C. Teplota skelného přechodu T_g homopolymerů je cca -10 °C. Se snižující se teplotou klesá houževnatost materiálu a pod teplotou -20 °C je materiál již značně křehký. V oblasti záporných teplot je vhodnější použít kopolymery, které mají obecně teplotu skelného přechodu T_g posunutou k výrazně nižším hodnotám než homopolymery. V oblasti vysokých teplot lze PP MOSTEN používat trvale do 100 °C, tepelně stabilizované typy až do 105 °C. Stupeň tepelné stability všech typů PP MOSTEN je takový, že při obvyklém způsobu zpracování nedochází k významné degradaci materiálu.

FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ VLASTNOSTI

PP MOSTEN je díky svému nepolárnímu charakteru v širokém rozsahu teplot a koncentrací chemicky velmi stálý vůči roztokům anorganických solí, kyselin a zásad. Neodolává oxidačním činidlům (koncentrovaná kyselina dusičná, oleum, halogeny, apod.), v halogenovaných aromatických uhlovodících a v některých rozpouštědlech za zvýšených teplot bobtná. Navhavit a nasákavost PP MOSTEN je velmi malá (0,2 %). Sorpce vody se týká pouze povrchu materiálu, lze ho proto použít i v prostředí s proměnnou relativní vlhkostí, aniž by docházelo k rozměrovým změnám výrobků či změnám mechanických vlastností. Při zpracování PP MOSTEN může působit obtíže vlhkost, zkondenzovaná při přenosu materiálu z prostředí chladnějšího do prostředí teplejšího. Při teplotách skladování nižších než 20 °C se doporučuje kondicionovat materiál min. 24 hodin před vlastním zpracováním ve výrobní hale.

ZDRAVOTNÍ NEZÁVADNOST

PP Mosten splňuje požadavky těchto nařízení a předpisů, v platném znění:

- Zákona č. 152/1995 Sb.;
- Vyhlášky MZ ČR č. 38/2001 Sb.;
- Nařízení Evropského Parlamentu (EP) a Rady (ES) č. 1935/2004;
- Nařízení Komise (EU) č. 10/2011;
- Nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) – při výrobě tohoto typu PP MOSTEN nebyly použity žádné ftaláty.

POŽÁRNÍ A BEZPEČNOSTNĚ-TECHNICKÉ CHARAKTERISTIKY

PP MOSTEN není podle nařízení EP a Rady (ES) č. 1272/2008 (CLP) klasifikován jako nebezpečná látka, ani nespĺňuje žádnou z dalších podmínek uvedených v čl. 31 nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH), a proto se na něj nevztahuje povinnost poskytovat příjemci bezpečnostní list. Povinné informace o produktu podle čl. 32 nařízení EP a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a další údaje jsou uvedeny ve „Sdělení“ výrobce. Dokument je k dispozici na www.unipetrolrpa.cz nebo na vyžádání.

SKLADOVÁNÍ A MANIPULACE

PP MOSTEN se dodává v polyetylenových pytlích (>PE-LD<) o hmotnosti 25 kg. Pytle jsou uloženy v počtu 55 kusů na paletách, fixovaných smršťovací fólií (>PE-LD<). Fólie chrání výrobek proti poškození a zvyšuje jeho životnost. Ložené palety jsou určeny ke stohování do 2 vrstev, výjimečně do 3 vrstev. PP MOSTEN může být alternativně dodáván volně ložený v autocisternách. Jiný způsob balení nebo dopravy je možný na základě dohody s odběratelem. PP MOSTEN je skladován v suchém, větraném, zastřešeném skladu, jehož prostory jsou chráněny před přímými účinky slunečního záření. Doporučené rozmezí teplot ve skladu je -20 °C až +50 °C. Vzdálenost od zdroje tepla musí být nejméně 1 m. Doporučená doba skladování PP MOSTEN v uzavřených obalech za stanovených podmínek skladování je až 1 rok. Při delším skladování je vhodné ověřit vlastnosti materiálu před jeho zpracováním.

OBALY

Obaly, použité výrobcem pro balení materiálu PP MOSTEN splňují požadavky § 3 a 4 zákona č. 477/2001 Sb. o obalech, v platném znění. Obaly jsou navrženy a vyrobeny podle technických předpisů pro hmotnost a objem výrobků, pro které jsou určeny. Materiál obalů neobsahuje klasifikované nebezpečné látky. Součet obsahu těžkých kovů v obalu (olova, kadmia, rtuť a šestimocného chromu) nepřekračuje limitní hodnotu 100 ppm. Doporučené zařazení podle Katalogu odpadů - č. 15 01 02 (plastové obaly), č. 15 01 03 (dřevěné palety). Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

POKYNY PRO NAKLÁDÁNÍ S ODPADEM ZE ZPRACOVÁNÍ PP

Výrobky z PP MOSTEN a neznečištěný odpad, který vzniká při jeho zpracování, lze recyklovat a dále zpracovat na technické výrobky. V souladu s ČSN 77 0052-2 a ČSN EN ISO 11469 se pro polypropylen používá druhová materiálová značka >PP<. Materiálové značení na výrobcích z polyetylenu usnadňuje identifikaci materiálu při sběru, třídění, využívání či odstraňování uživatelského odpadu. PP MOSTEN z produkce Unipetrol RPA neobsahuje olovo, kadmium, rtuť ani šestimocný chrom, přičemž součet koncentrací těchto těžkých kovů nepřesahuje 100 ppm. Odpad z PE MOSTEN zařazuje původce odpadu dle platné legislativy. Doporučené zařazení podle Katalogu odpadů - č. 07 02 13. Doporučené způsoby využívání odpadů: materiálové využití, energetické využití.

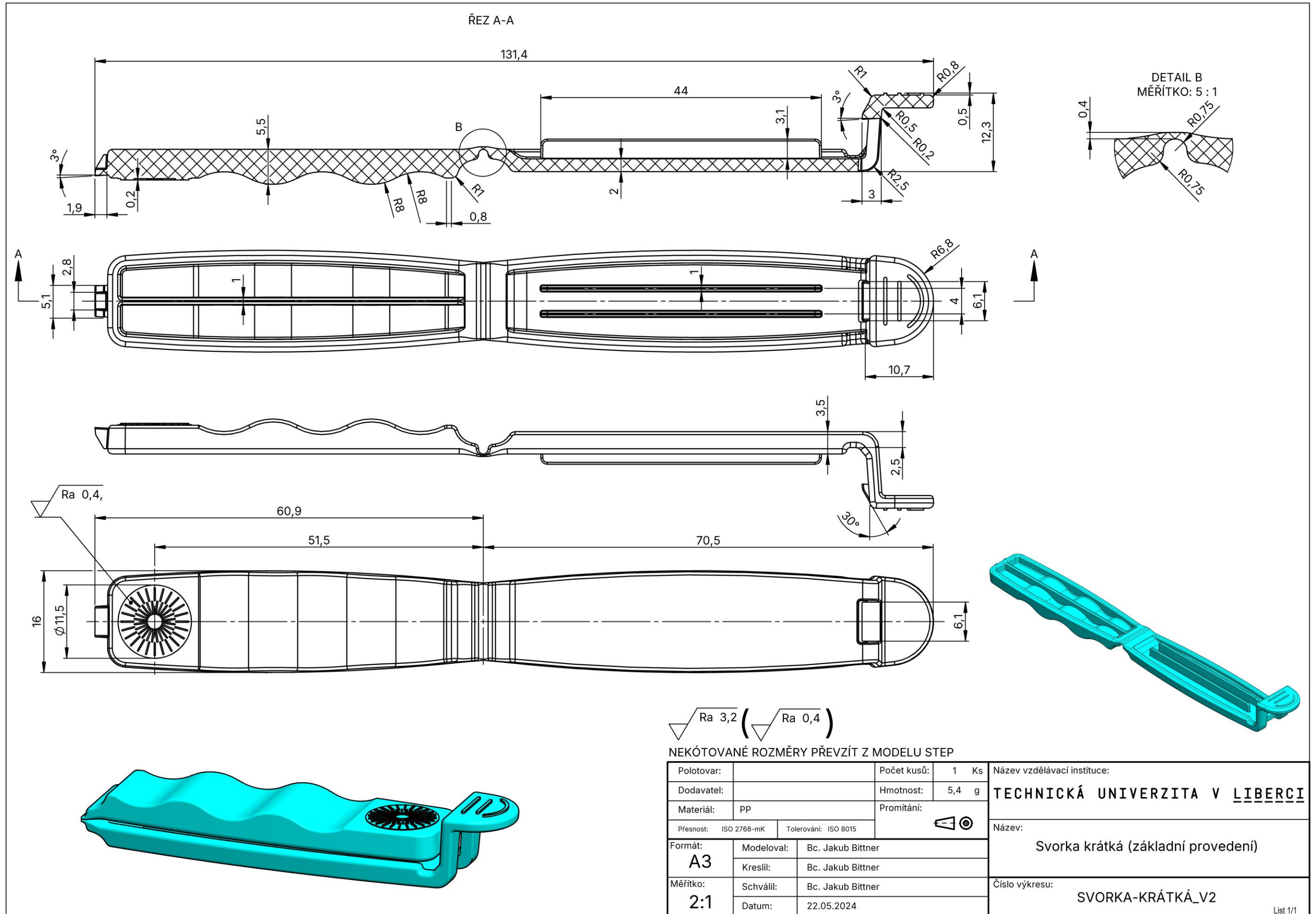
Vydal: Odbor Product Intelligence - Polyolefins
Nahrazuje vydání z: 14. 11 2019

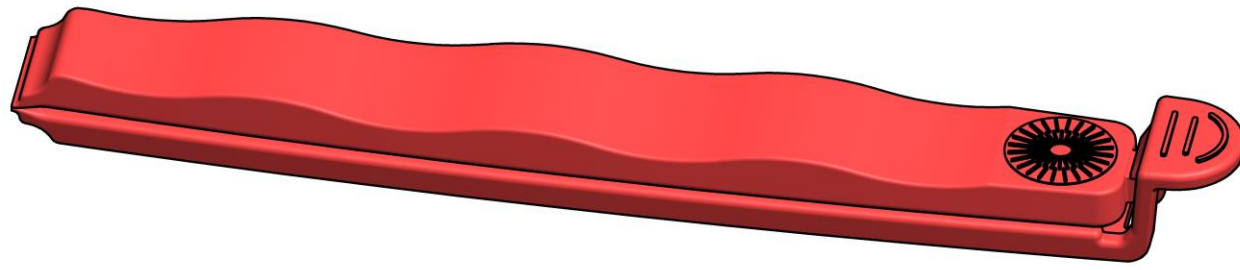
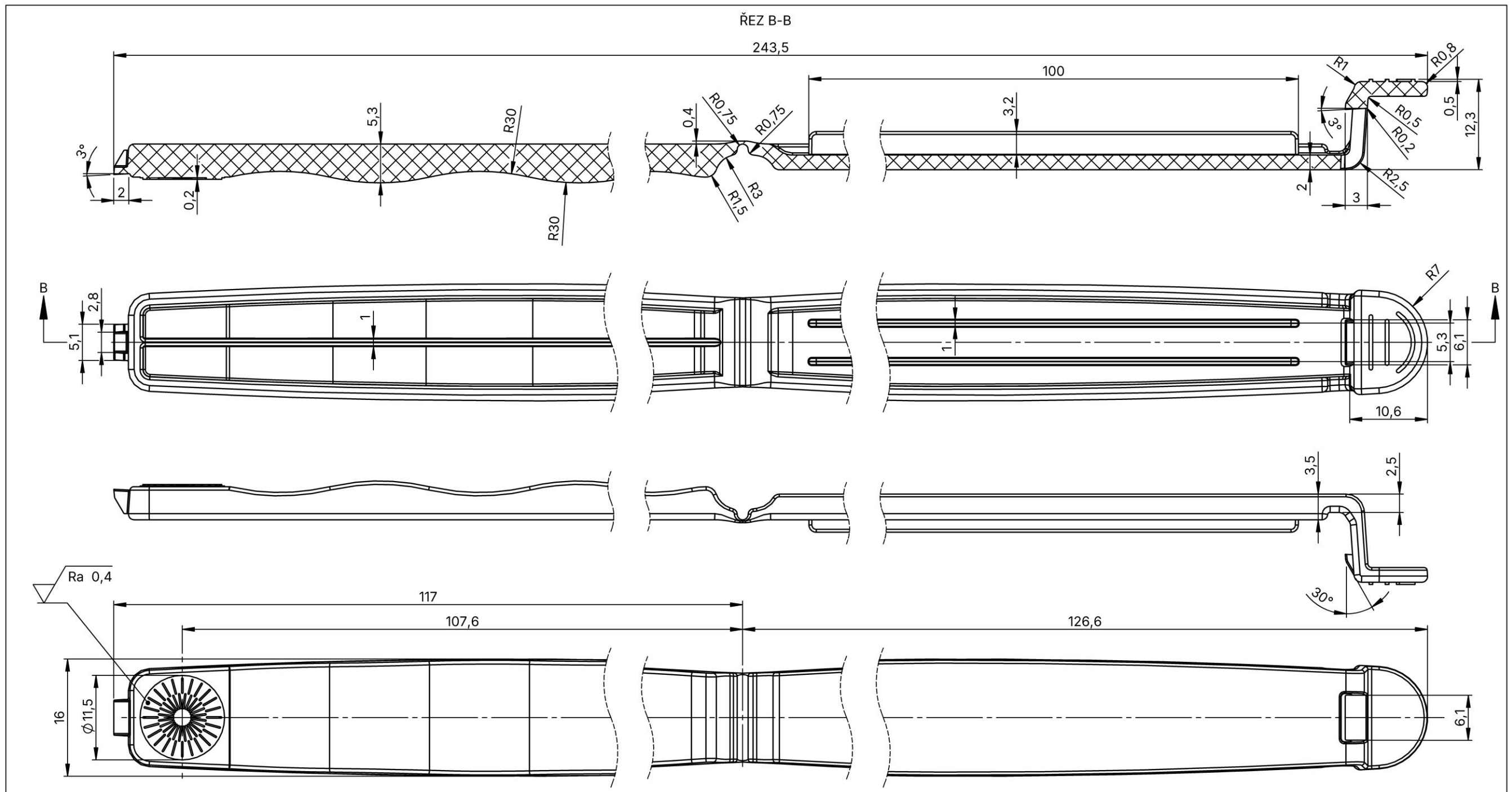
tel.: 476 162 912
Platnost od: 01. 02. 2021

MOSTEN® je registrovaná ochranná známka ORLEN Unipetrol RPA s.r.o.



Příloha č. 2 – Výrobní výkresy vstříkovaných dílů (svorek)



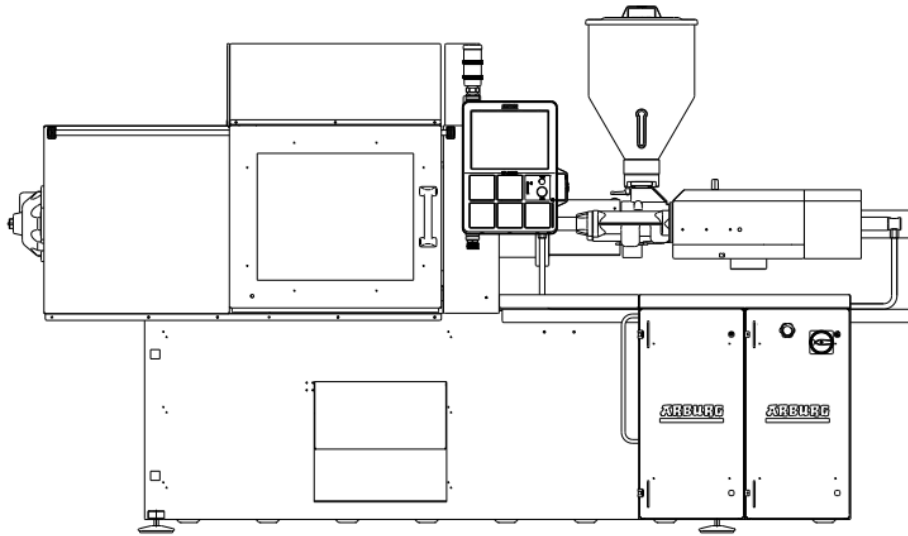


▽ Ra 3,2 (▽ Ra 1,6)

NEKÓTOVANÁ PŘEVZÍT Z MODELU Z MODELU STEP

Polotovár:		Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:		Hmotnost:	8,55 g	Název:	
Materiál:	PP	Promítání:		Název:	Svorka dlouhá (prodloužené provedení)
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	Číslo výkresu:
Formát:	A3	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		
		Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřítko:	2:1	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		
		Datum:	22.05.2024		

Příloha č. 3 – Parametry vstřikovacího stroje Arburg 320 C Golden Edition



**ALLROUNDER 320 C
GOLDEN EDITION**

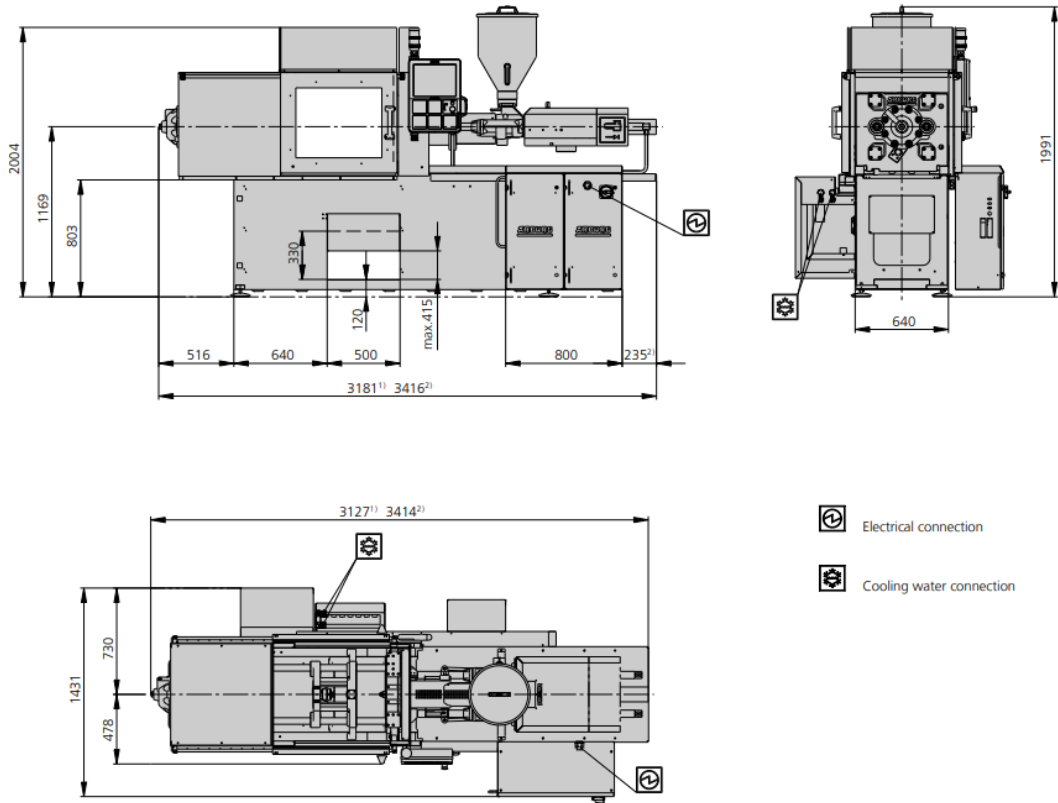
Distance between tie bars: 320 x 320 mm

Clamping force: 500 kN

Injection unit (acc. to EUROMAP): 100, 170

ARBURG

MACHINE DIMENSIONS | 320 C GOLDEN EDITION



1) Injection unit 100
2) Injection unit 170

TECHNICAL DATA | 320 C GOLDEN EDITION

Clamping unit		320 C GOLDEN EDITION	
with clamping force	max. kN	500	
Opening force stroke	max. kN mm	130 350	
Mould height, fixed variable	min. mm	200 ---	
Platen daylight fixed variable	max. mm	550 ---	
Distance between tie bars (w x h)	mm	320 x 320	
Mould mounting platens (w x h)	max. mm	446 x 446	
Weight of movable mould half	max. kg	180	
Ejector force stroke	max. kN mm	30 125	
Dry cycle time EUROMAP 2	min. s - mm	1,3 - 224	

Injection unit		100			170		
with screw diameter	mm	20	25	30	25	30	35
Effective screw length	L/D	25	20	16,7	24	20	17
Screw stroke	max. mm	100			120		
Calculated stroke volume	max. cm ³	31	49	71	59	85	115
Shot weight	max. g PS	29	45	65	54	77	105
Material throughput	max. kg/h PS	5,5	8	9,5	10	13,5	16
	max. kg/h PA6.6	2,8	4	4,9	5	7	8
Injection pressure	max. bar	2500	2000	1390	2500	2000	1470
Holding pressure	max. bar	2500	2000	1390	2500	2000	1470
Injection flow 2	max. cm ³ /s	64	100	146	66	96	132
Screw circumferential speed 2	max. m/min	28	35	42	35	42	49
Screw torque	max. Nm	120	150	180	210	250	290
Nozzle contact force retraction stroke	max. kN mm	50 180			50 210		
Heating capacity zones	kW	4,9 5			9,4 5		
Feed hopper	l	50			50		

Drive and connection		2 pumps	
with injection unit		100	170
Net weight of machine	kg	2250	2300
Sound press. level Insecurity 4	dB(A)	68 3	
Oil filling	l	165	
Drive power 2	max. kW	11	11
Electrical connection 3	kW	19	22
	Total	A	63
	Machine	A	---
	Heating	A	---
Cooling water connection	max. °C	30	
	min. Δp bar	1,5 DN 25	

Machine type

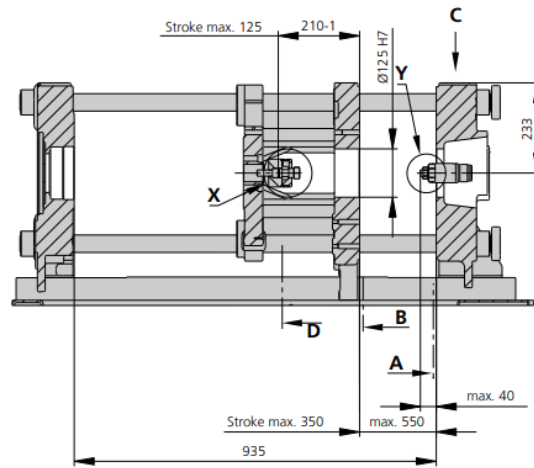
with EUROMAP size designation 1

320 C GOLDEN EDITION 500-100 | 170

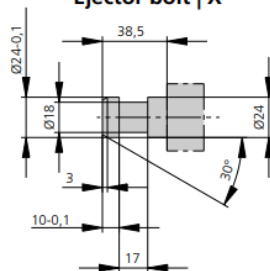
All specifications relate to the basic machine version. Deviations are possible depending on variants, process settings and material type. Depending on the drive, certain combinations, e.g. max. injection pressure and max. injection flow may be mutually exclusive.

- 1) Clamping force (kN) - size of injection unit = max. stroke volume (cm³) x max. injection pressure (kbar)
 - 2) Specifications depend on the drive variant / drive configuration.
 - 3) Specifications relate to 400 V/50 Hz.
 - 4) Detailed info in the operating instr.
- [] Specifications apply to alternative equipment.

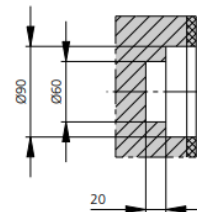
MOULD INSTALLATION DIMENSIONS | 320 C GOLDEN EDITION



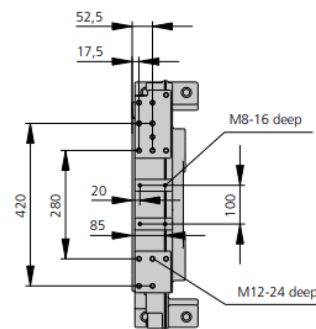
Ejector bolt | X



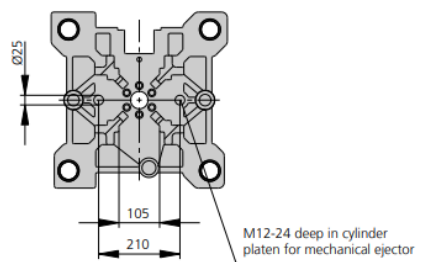
Bore in mould (if required) | Y



Robotic system mounting | C



View | D



SHOT WEIGHTS | 320 C GOLDEN EDITION

Theoretical shot weights for the most important injection moulding materials

Injection units according to EUROMAP		100			170		
Screw diameter	mm	20	25	30	25	30	35
Polystyrene	max. g PS	29	45	65	54	77	105
Styrene heteropolymerizates	max. g SB	28	44	63	53	76	103
	max. g SAN, ABS ¹⁾	27	43	62	52	74	101
Cellulose acetate	max. g CA ¹⁾	32	50	73	61	87	119
Celluloseacetobutyrate	max. g CAB ¹⁾	30	47	68	56	81	110
Polymethyl methacrylate	max. g PMMA	30	46	67	56	80	109
Polyphenylene ether, mod.	max. g PPE	27	42	60	50	72	98
Polycarbonate	max. g PC	30	47	68	57	81	111
Polysulphone	max. g PSU	31	49	70	58	84	115
Polyamides	max. g PA 6.6 PA 6 ¹⁾	28	44	64	53	77	104
	max. g PA 6.10 PA 11 ¹⁾	26	41	60	50	72	98
Polyoximethylene (Polyacetal)	max. g POM	35	55	80	66	96	130
Polyethylene terephthalate	max. g PET	34	53	77	64	92	126
Polyethylene	max. g PE-LD	22	34	49	41	59	80
	max. g PE-HD	22	35	50	42	60	82
Polypropylene	max. g PP	23	36	51	43	62	84
Fluoropolymerides	max. g FEP, PFA, PCTFE ¹⁾	46	72	103	86	124	169
	max. g ETFE	40	63	91	76	109	148
Polyvinyl chloride	max. g PVC-U	35	54	78	65	94	127
	max. g PVC-P ¹⁾	32	50	72	60	87	118

1) average value

ARBURG GmbH + Co KG
 Arthur-Hehl-Strasse
 72290 Lossburg
 Tel.: +49 7446 33-0
 www.arburg.com
 contact@arburg.com

523871_BN_GB_032023 - Subject to alterations

© 2023 ARBURG GmbH + Co KG | All data and technical information have been compiled with great care. However we accept no responsibility for correctness. Individual illustrations and information may deviate from the actual delivery condition of the machine. The relevant valid operating instructions are applicable for the installation and operation of the machine.

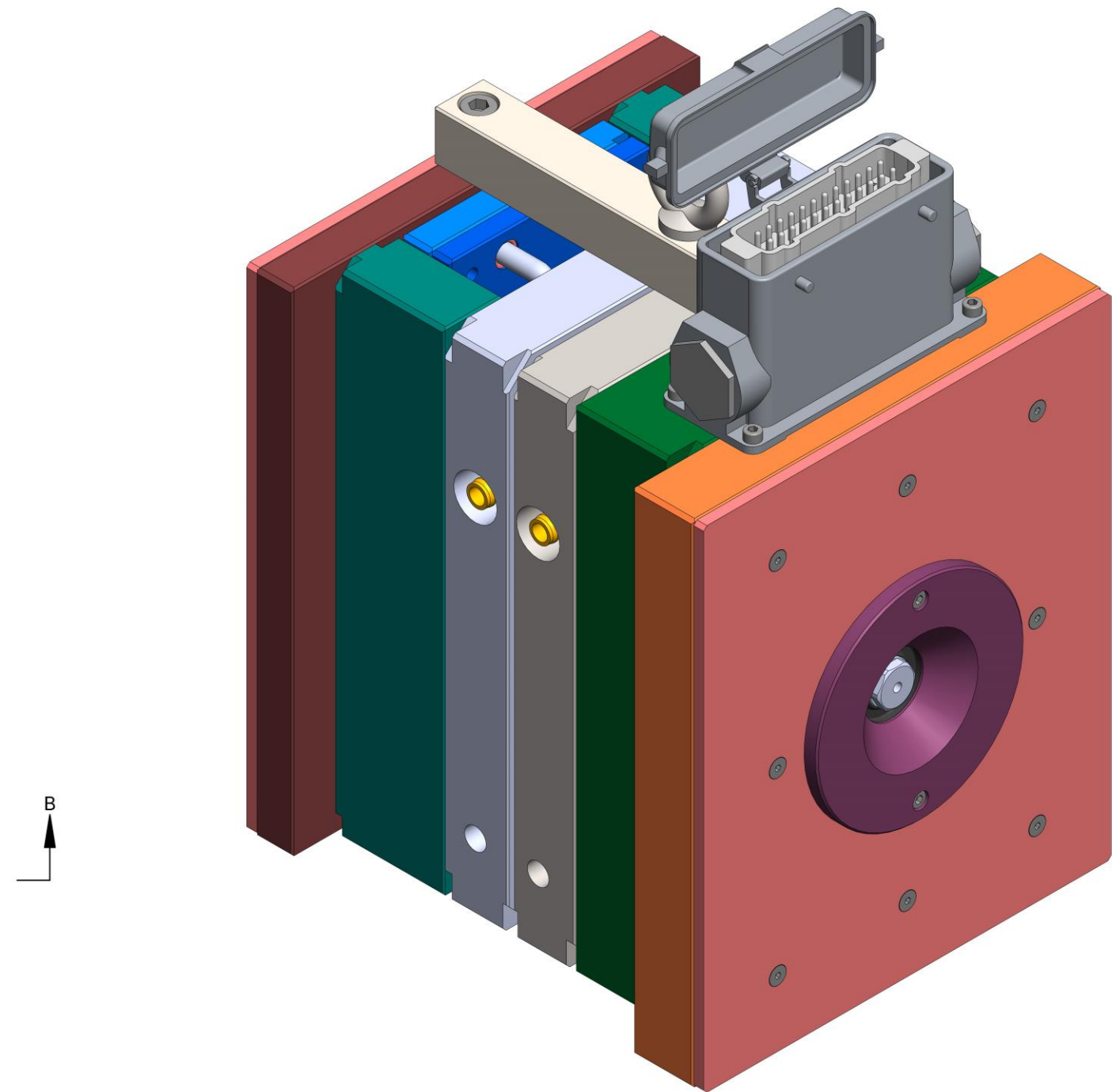
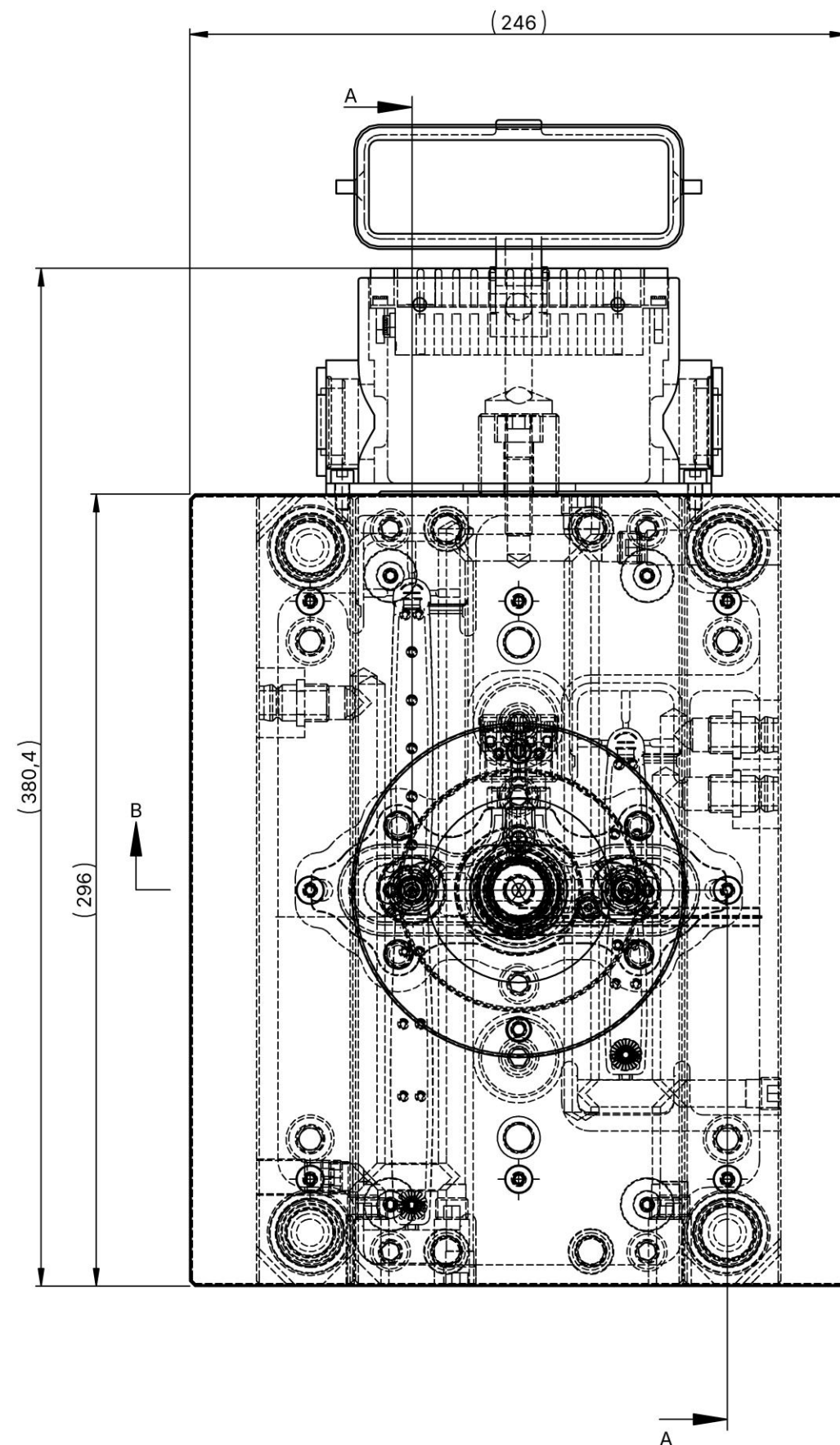
Příloha č. 4 – Kusovník (BOM)

Strana 1/2

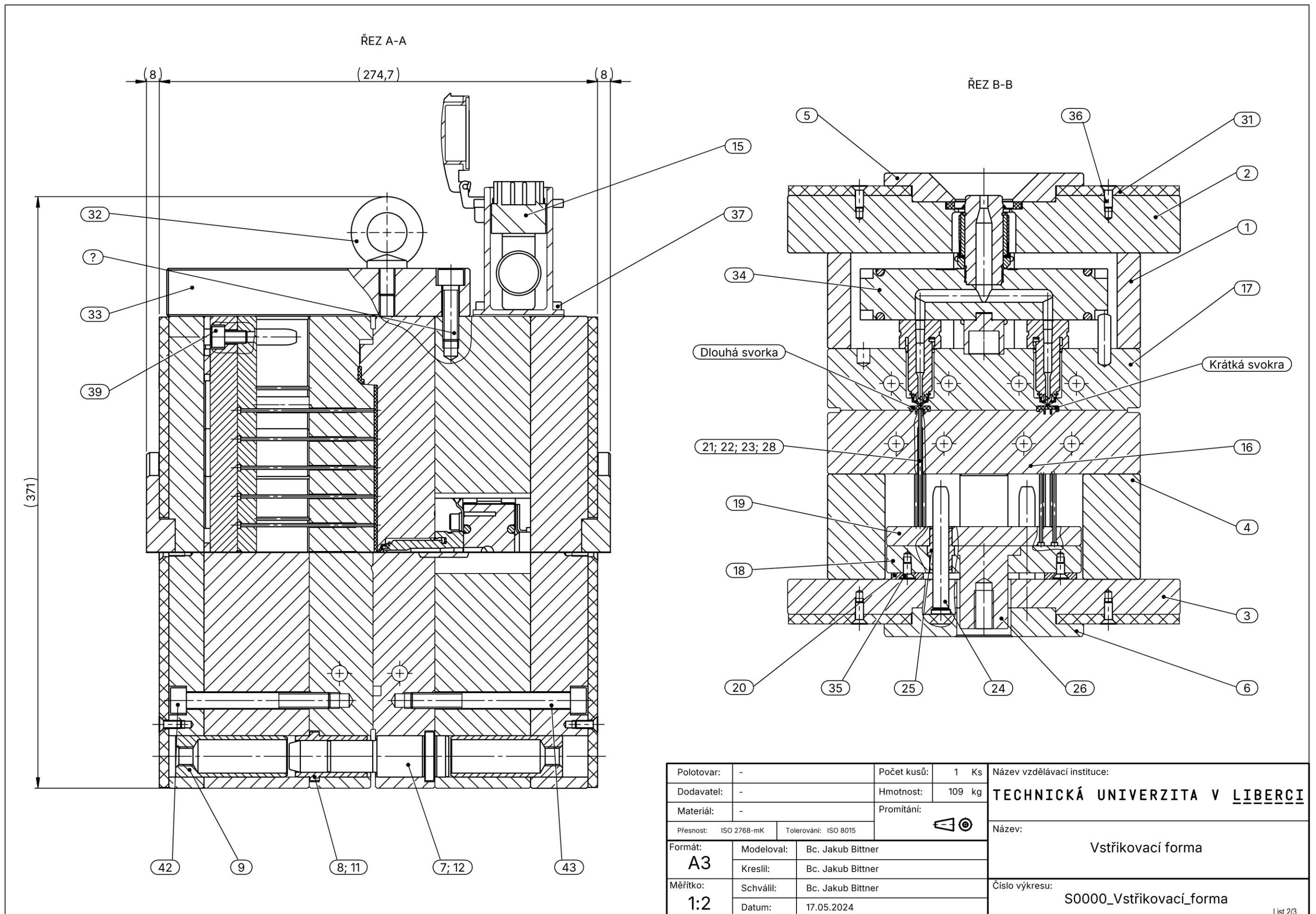
Č. P.	NÁZEV SOUČÁSTÍ	DODAVATEL	POLOTOVAR (typ/norma)	MATERIÁL	KS
1	Podpěrná deska pevné části	Meusburger	F 60/196 x 296/ 66	1.1730 (19 083)	1
2	Upínací deska pevné části formy	Meusburger	F 10/196 x 296/ 36	1.1730 (19 083)	1
3	Upínací deska pohyblivé části	Meusburger	F 10/196 x 296	1.1730 (19 083)	1
4	Rozpěra	Meusburger	F 70/196 x 296/36/66	1.1730 (19 083)	2
5	Středící kroužek pevné části formy	Meusburger	E 1362/125/90/36 x 18	1.1730 (19 083)	1
6	Středící kroužek pohyblivé části formy	Meusburger	E 1377/125/90 x 18	1.1730 (19 083)	1
7	Vodící sloupek (d2 = 20 mm)	Meusburger	E 1000/20 – 36/55	1.7131 (14 220)	3
8	Vodící pouzdro	Meusburger	E 1100/20 – 36	1.7131 (14 220)	3
9	Centrovací pouzdro	Meusburger	E 1160/26 x 70	1.7131 (14 220)	8
10	Podpěrný válec	Ferona	Tyč KR32 - 70	1.0577 (11 523)	2
11	Vodící pouzdro	Meusburger	E 1100/18 – 36	1.7131 (14 220)	1
12	Vodící sloupek (d2 = 18 mm)	Meusburger	E 1000/18 – 36/ 55	1.7131 (14 220)	1
13	Kryt zásuvky pro příčné páky s víkem	Meusburger	E 2715/81/24B	Slitina hliníku	1
14	Záslepka pro kryt zástrčky	Meusburger	E 2740/32 x 1,5	2.0401 (mosaz)	2
15	Vložka s kolíky (šroubovací)	Meusburger	E 2702/24B	Polykarbonát (PC)	1
16	Tvárník	Meusburger	F 50/196 x 296/46/2085	1.2312 (19 520)	1
17	Tvárnice	Meusburger	F 50/196 x 296/ 56	1.2312 (19 520)	1
18	Vyhazovací deska	Meusburger	F 85/196 x 296	1.7131 (14 220)	1
19	Kotevní deska vyhazovacího paketu	Meusburger	F 80/196 x 296	1.7131 (14 220)	1
20	Vymezovací podložka	Meusburger	E 1500/20	1.7131 (14 220)	6
21	Vyhazovací kolík 1	Meusburger	E 1710/2 x 100	1.2210 (19 421)	13
22	Vyhazovací kolík 2	Meusburger	E 1710/2 x 100	11.2210 (19 421)	4

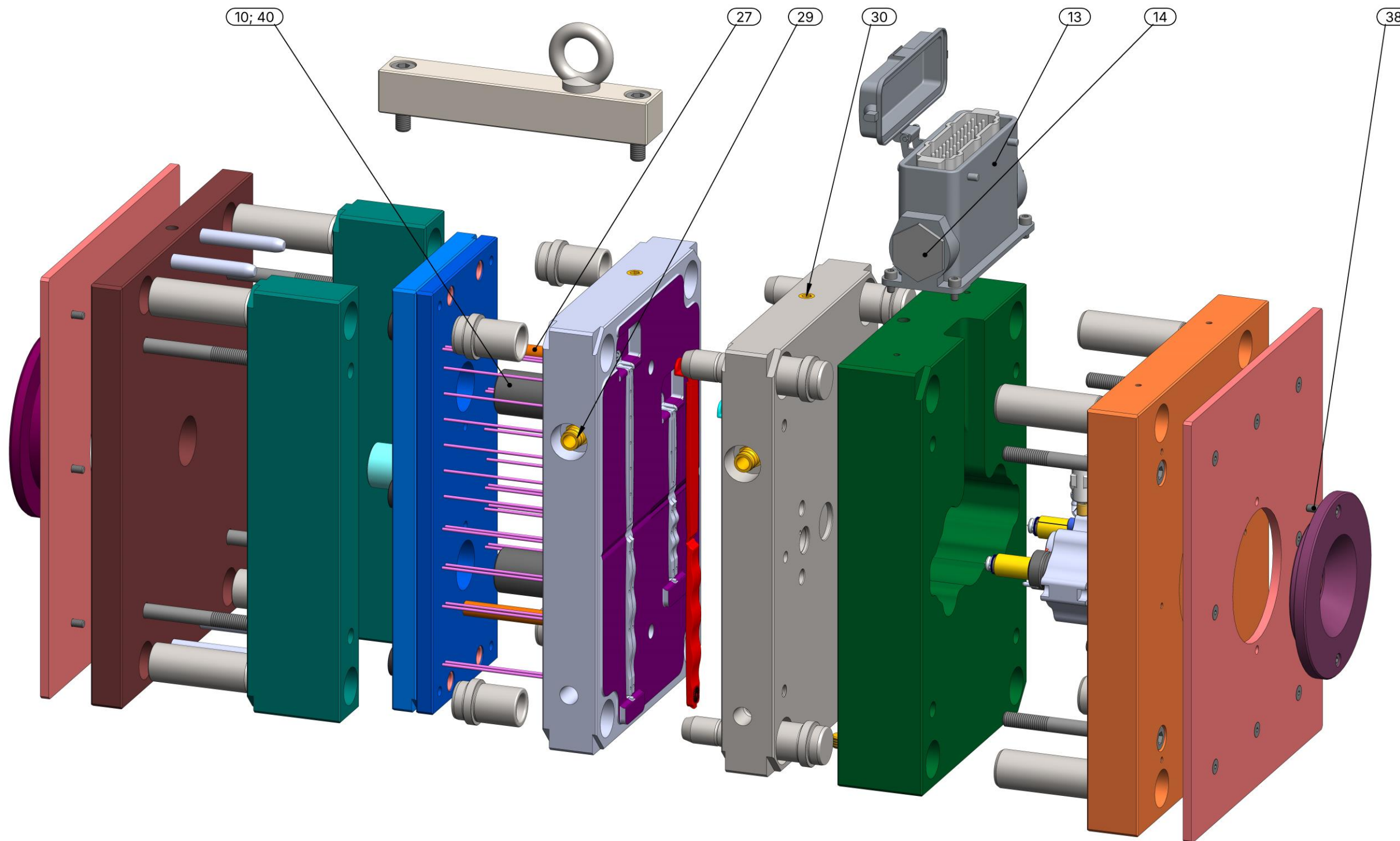
Č. P.	NÁZEV SOUČÁSTÍ	DODAVATEL	POLOTOVAR (typ/norma)	MATERIÁL	KS
23	Vyhazovací kolík 3	Meusburger	E 1710/2 x 100	1.2210 (19 421)	4
24	Vedení vyhazovacího paketu	Meusburger	E 1030/10 x 80	1.7131 (14 220)	4
25	Vedení vyhazovacího paketu	Meusburger	E 11202/10 – 9/17	1.7131 (14 220)	4
26	Závitová vložka pro vyhazovací paket	Meusburger	E 1515/12/52	1.7131 (14 220)	1
27	Vracecí kolík	Meusburger	E 1710/10 x 100	1.7131 (14 220)	2
28	Vyhazovací kolík 4	Meusburger	E 1710/2 x 100	1.2210 (19 421)	6
29	Přípojka na hadici	Meusburger	E 2000/13/14	2.0401 (mosaz)	4
30	Uzavírací šroub válcový s těsněním	Meusburger	E 2075/8/12	2.0401 (mosaz)	14
31	Izolační deska	Meusburger	E 1400/196 x 296/6/90	Sklolaminát	2
32	Manipulační oko M10 (DIN 580)	Meusburger	E 1270/10	1.1141 (12 023)	1
33	Trám (zámek)	Ferona	TR 4HR 30 x 30 – 260	1.0038 (11 375)	1
34	Horký vtokový systém	Thermoplay	Označení 24A0164	-	1
35	Šroub se zápusťnou hlavou s vnitřním šestihranem M5x10	Killich	DIN 7991 (ISO 10 642)	10.9 ocel pozink	6
36	Šroub se zápusťnou hlavou s vnitřním šestihranem M5x14	Killich	DIN 7991 (ISO 10 642)	10.9 ocel pozink	16
37	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M5x10	Killich	DIN 912 (ISO 4762)	10.9 ocel pozink	4
38	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M5x16	Killich	DIN 912 (ISO 4762)	10.9 ocel pozink	4
39	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M8x14	Killich	DIN 912 (ISO 4762)	10.9 ocel pozink	6
40	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M8x70	Killich	DIN 912 (ISO 4762)	10.9 ocel pozink	2
41	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M10x35	Killich	DIN 912 (ISO 4762)	10.9 ocel pozink	2
42	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M10x90	Killich	DIN 912 (ISO 4762)	12.9 ocel pozink	4
43	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem M10x100	Killich	DIN 912 (ISO 4762)	12.9 ocel pozink	4

Příloha č. 5 – Výkres sestavy vstříkovací formy



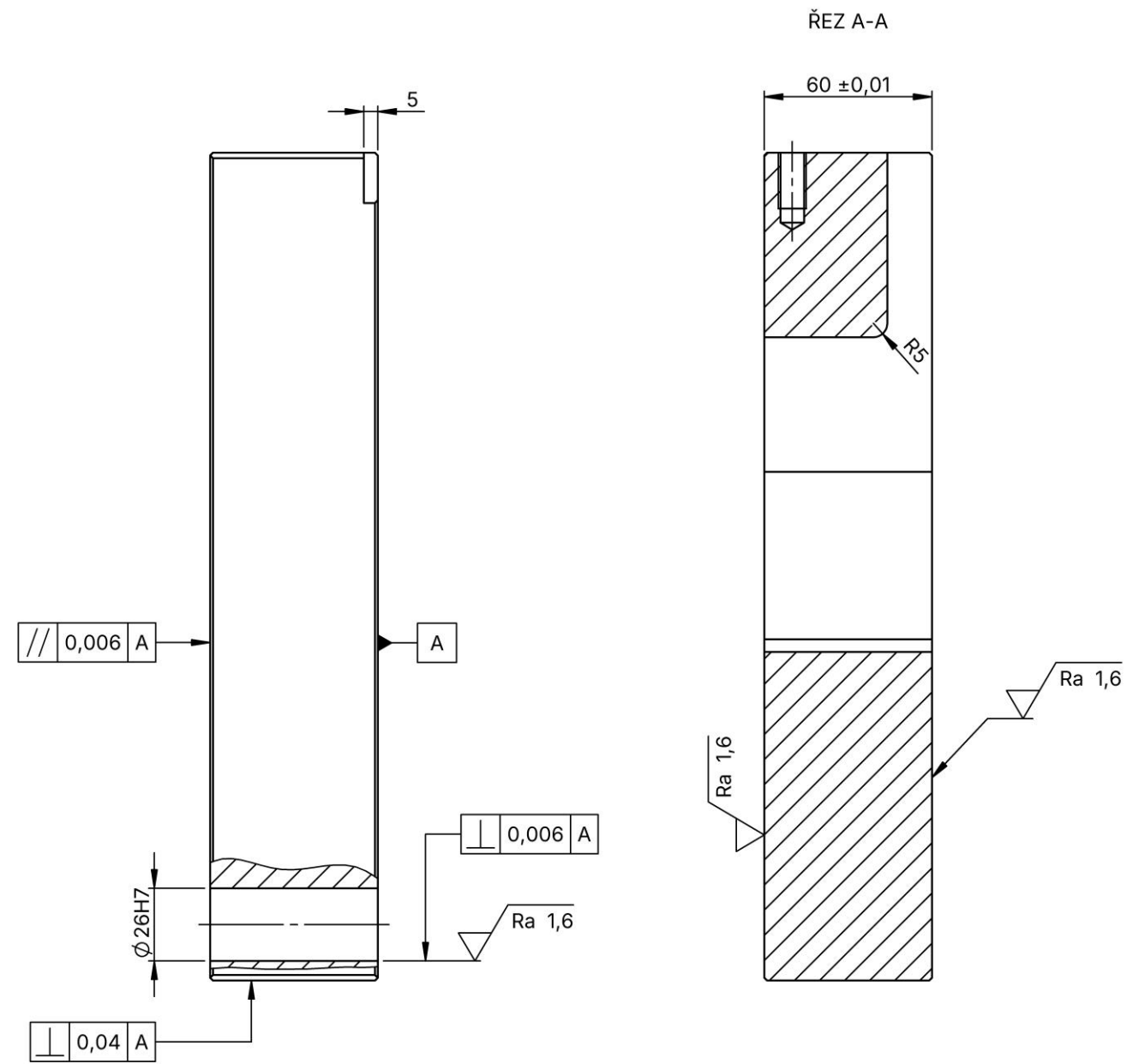
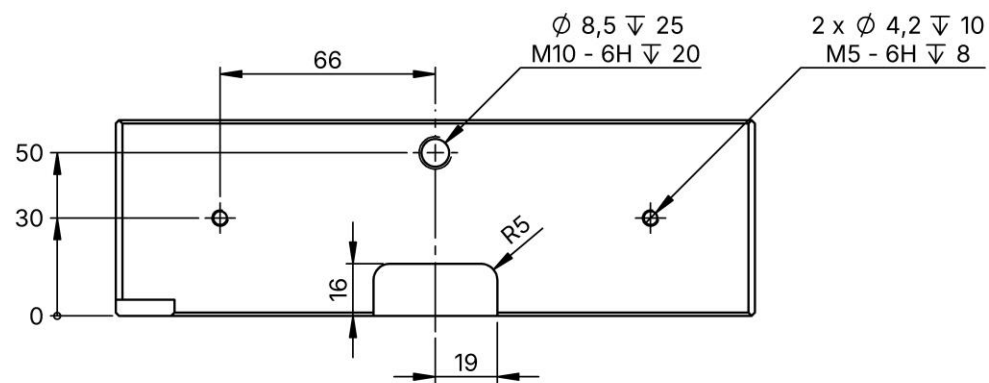
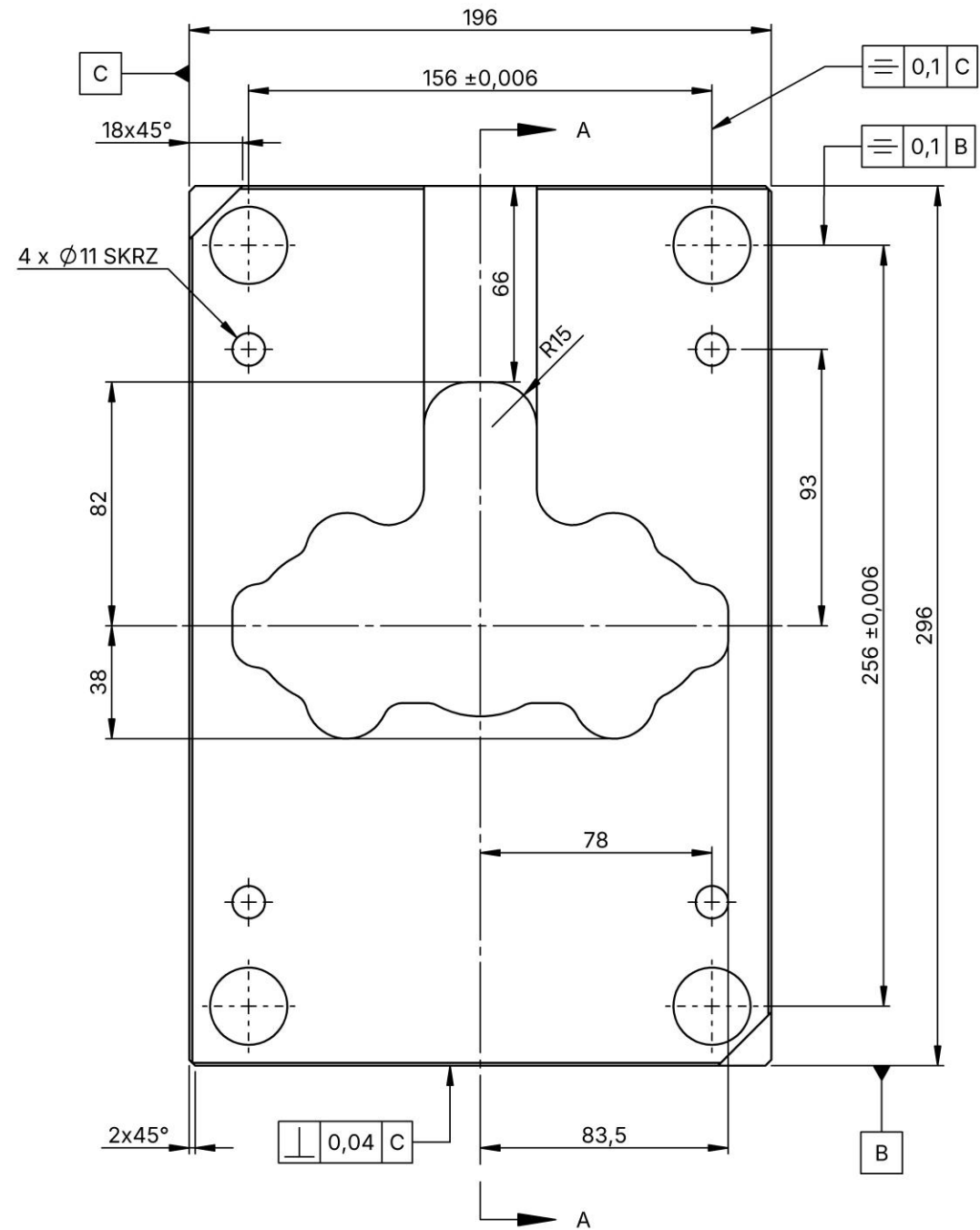
Polotovár:	-	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	-	Hmotnost:	109 kg	Název:	
Materiál:	-	Promítání:		Číslo výkresu:	S0000_Vstříkovací_forma
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	
Formát:	A3	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		
		Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřítko:	1:2	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		
		Datum:	17.05.2024		





Polotovar:	-	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	-	Hmotnost:	109 kg	Název:	
Materiál:	-	Promítání:		Číslo výkresu:	S0000_Vstřikovací_forma
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	
Formát:	A3	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		
		Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřítko:	1:2	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		
		Datum:	17.05.2024		

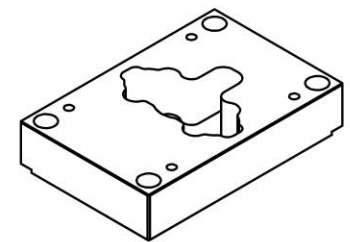
Příloha č. 6 – Výrobní výkresy jednotlivých komponent formy

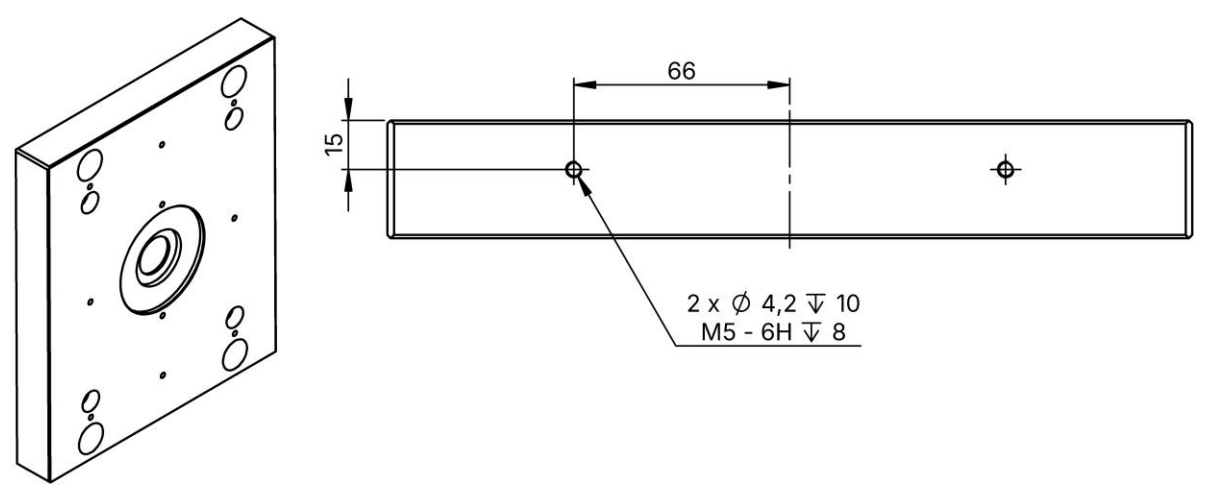
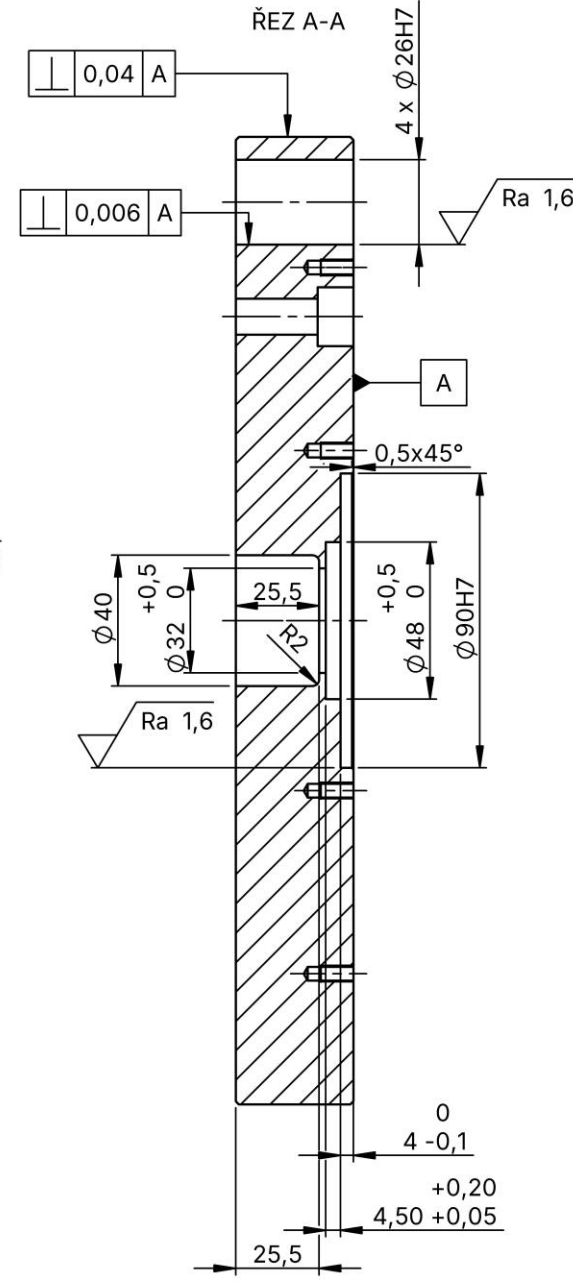
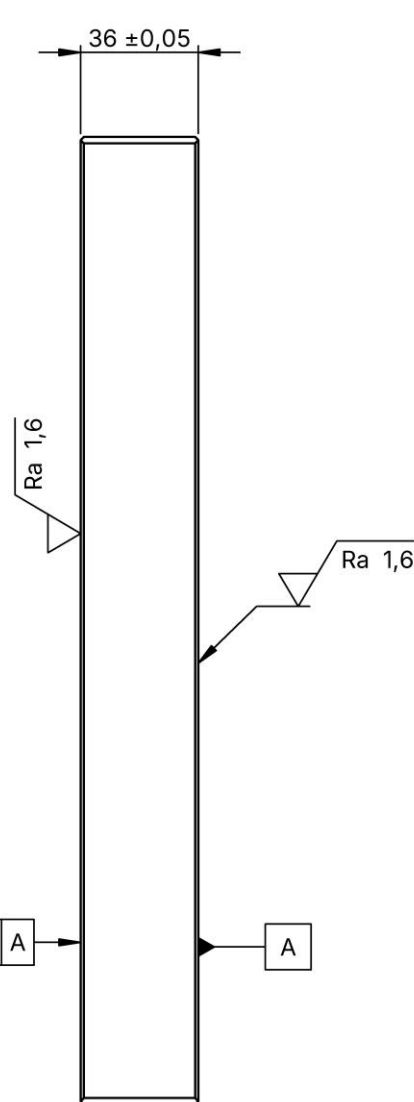
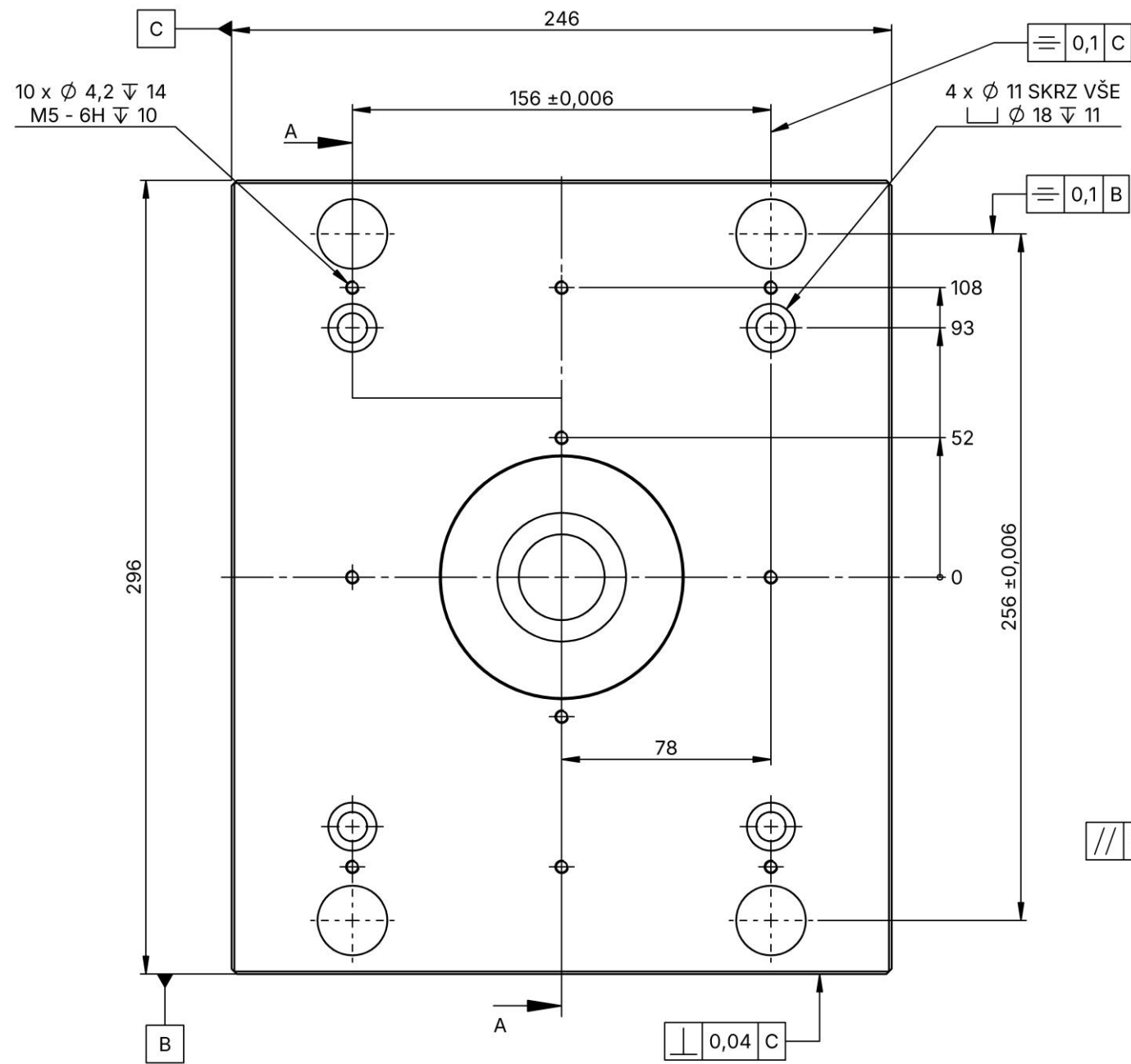


$\sqrt{Ra\ 3,2}$ ($\sqrt{Ra\ 1,6}$)

NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 1x45°
 DUTINU OBRÁBĚT DLE SOUBORU STEP

Polotovár:	F 60/196 296/ 66	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	20.21 kg	Název:	
Materiál:	1.1730	Promítání:		Podpěrná deska pevné části	
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015	Číslo výkresu:	D2001_Podpěrná_deska
Formát:	A3	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner	List 1/1	
Měřítko:	1:2	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
		Schválil:	Bc. Jakub Bittner		
		Datum:	19.05.2024		

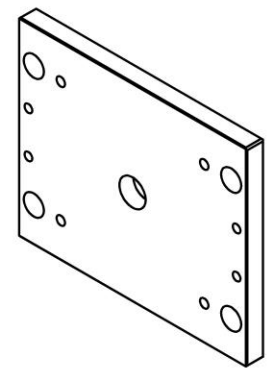
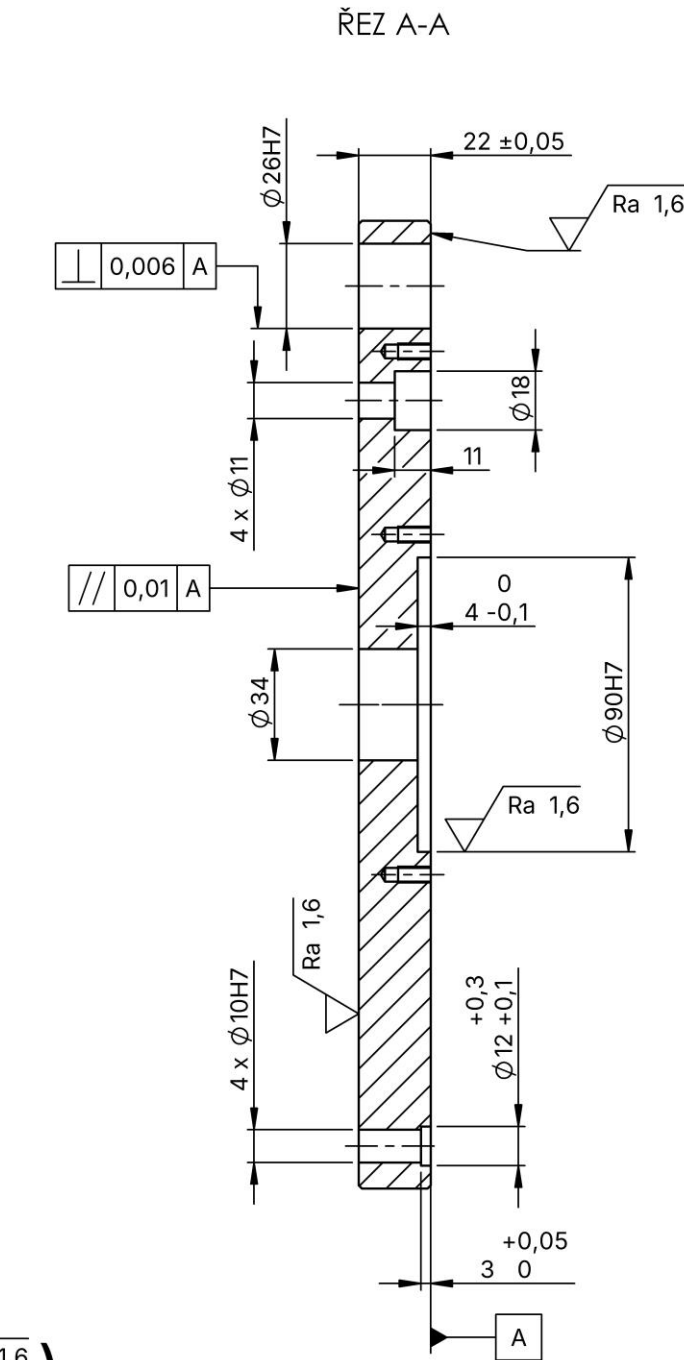
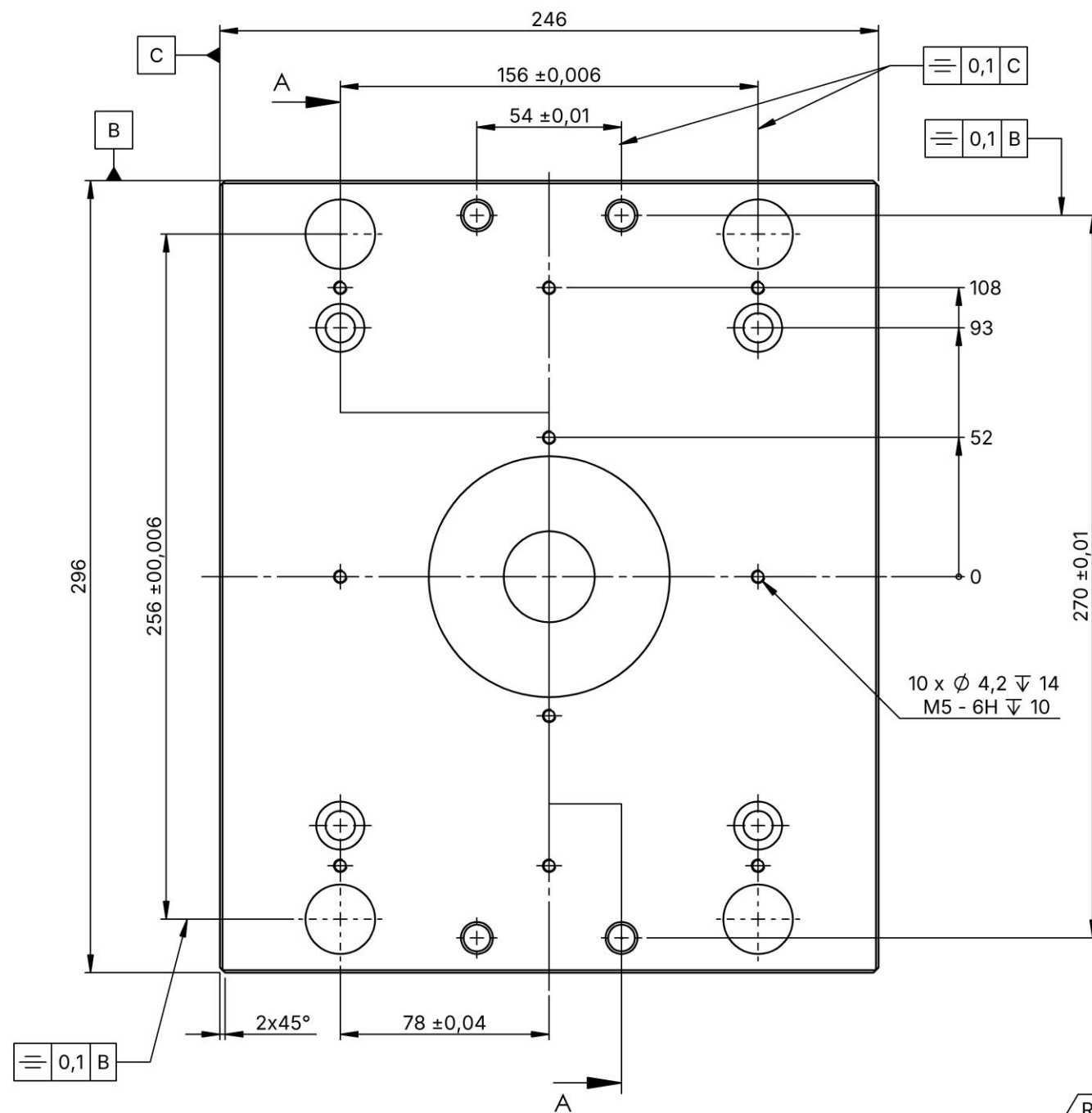




∇ Ra 3,2 (∇ Ra 1,6)

NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 1x45°

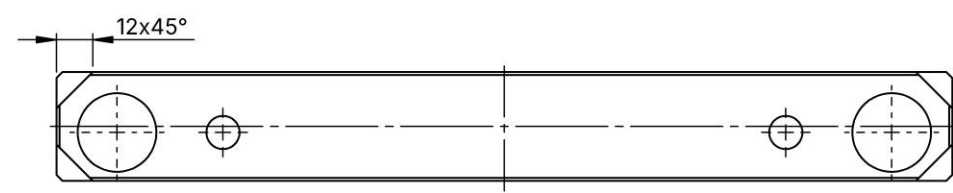
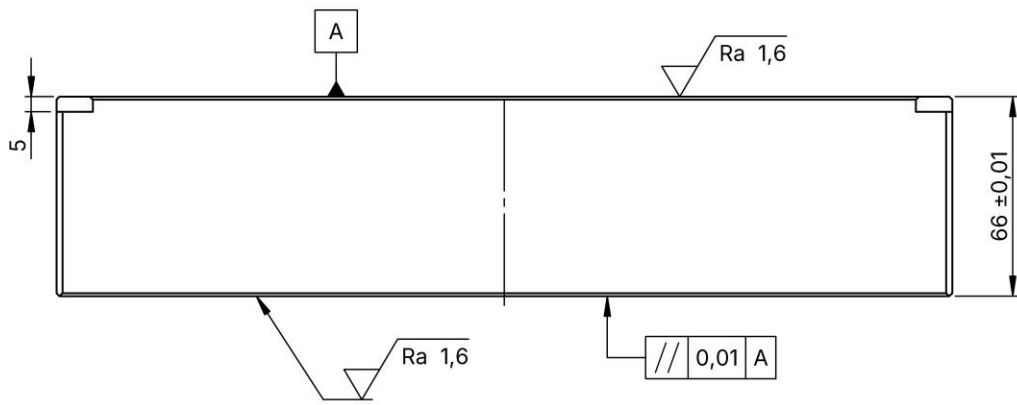
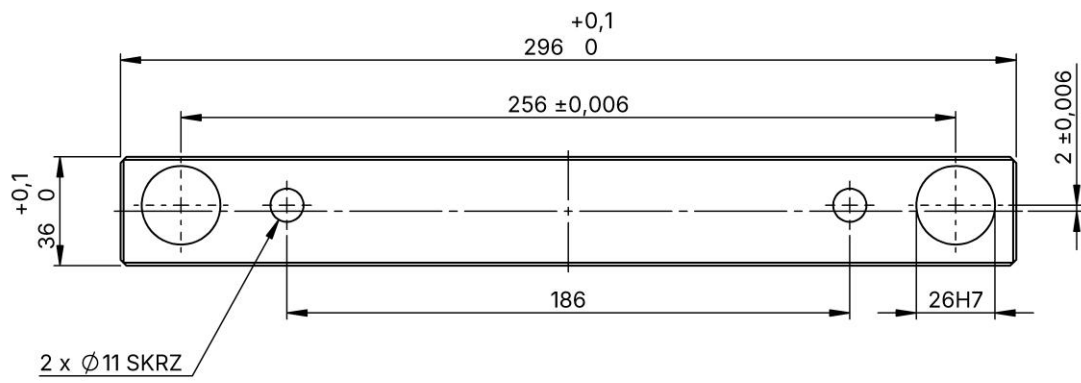
Polotovár:	F 10/196 296/ 36	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	18.99 kg	Název:	
Materiál:	1.1730	Promítání:		Upínací deska pevné části formy	
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	Číslo výkresu:
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		List 1/1	
A3	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
1:2	Datum:	19.05.2024			



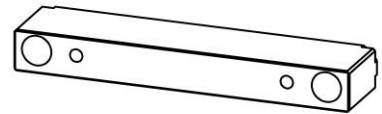
∇ Ra 3,2 (∇ Ra 1,6)

NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 1x45°

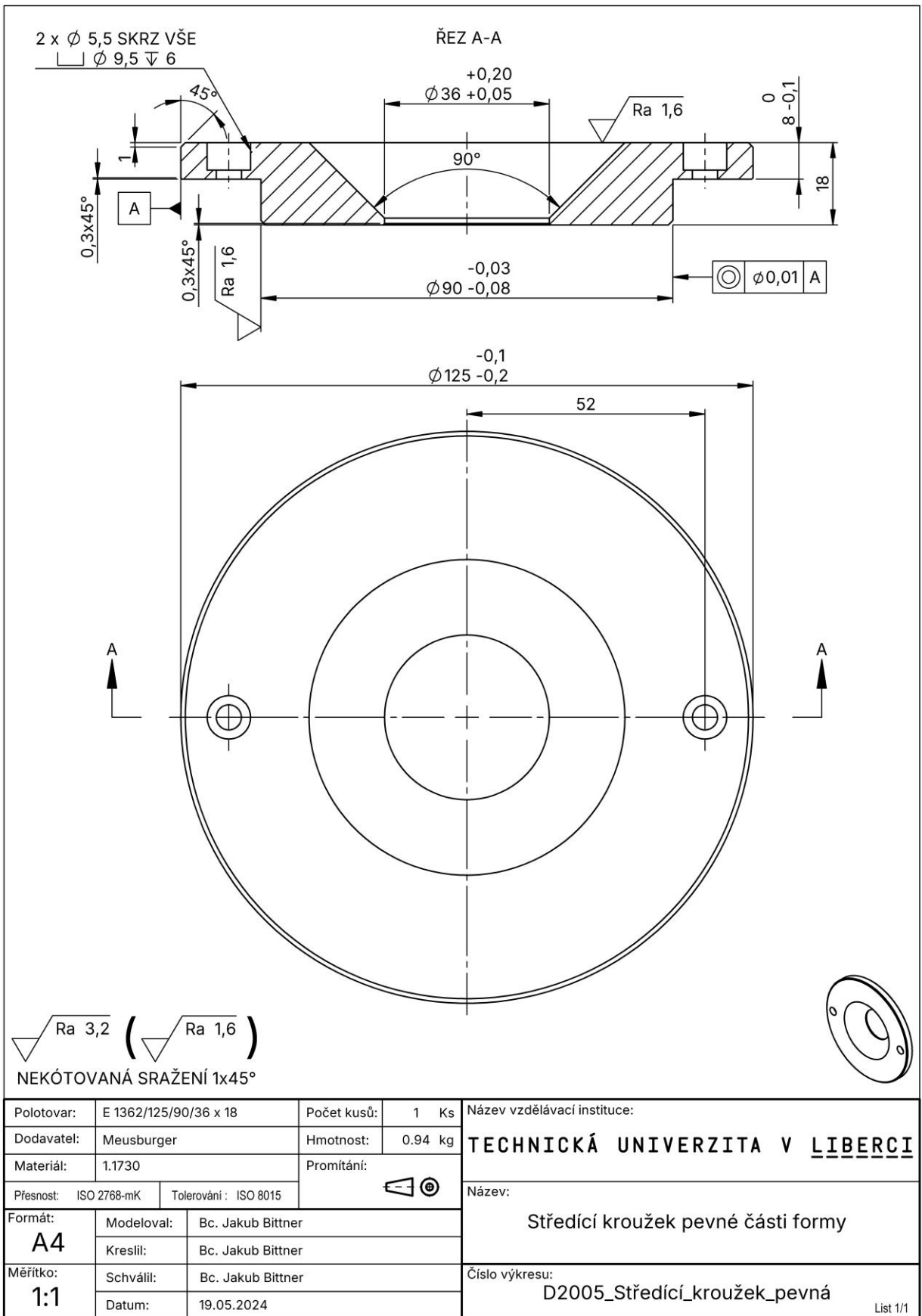
Polotovár:	F 10 / 196 296	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	11.50 kg	Název:	
Materiál:	1.1730	Promítání:		Upínací deska pohyblivé části	
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	Číslo výkresu:
Formát:	Modeloval: Bc. Jakub Bittner		List 1/1		
A3	Kreslil: Bc. Jakub Bittner				
Měřítko:	Schválil: Bc. Jakub Bittner		List 1/1		
1:2	Datum: 19.05.2024				

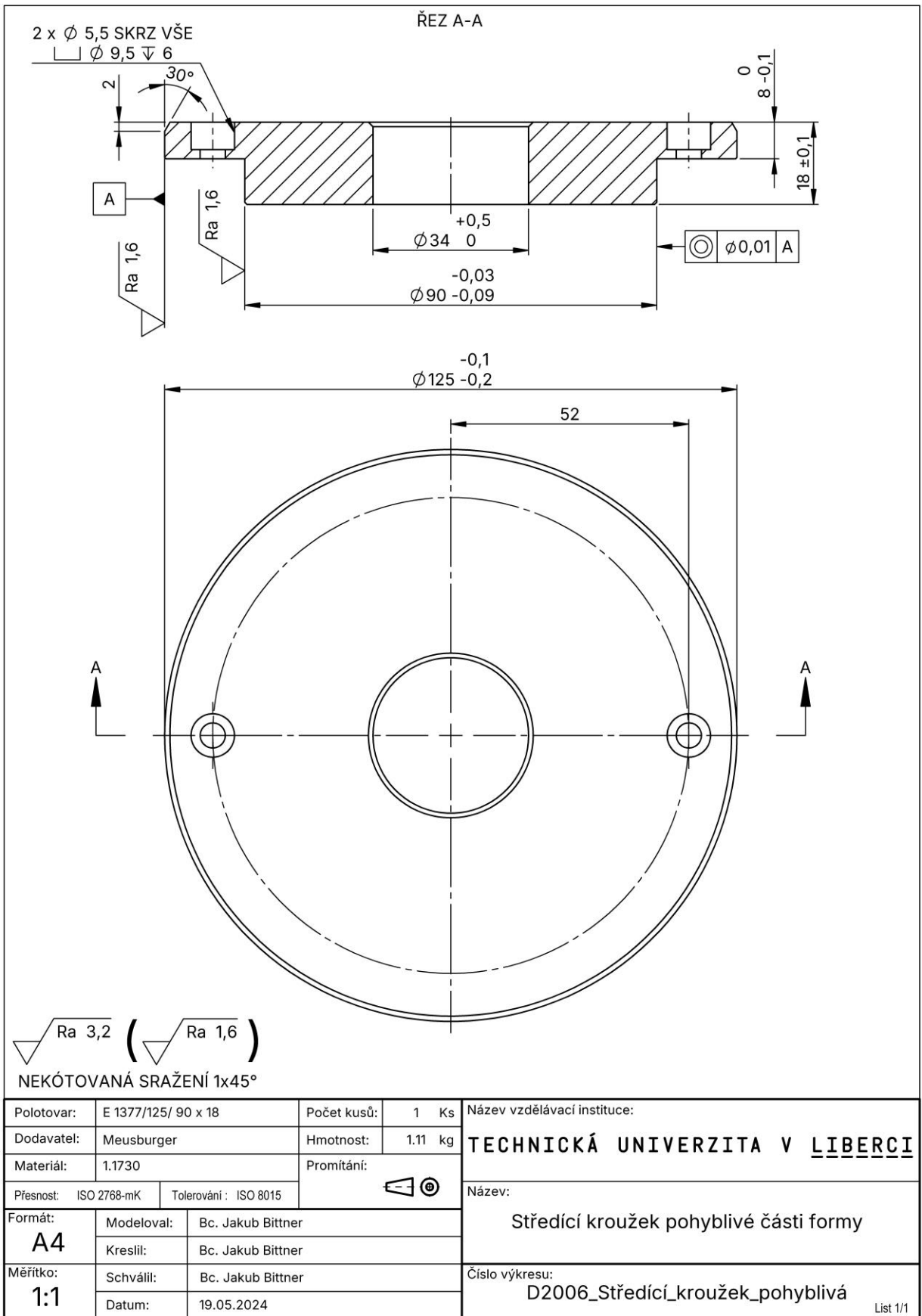


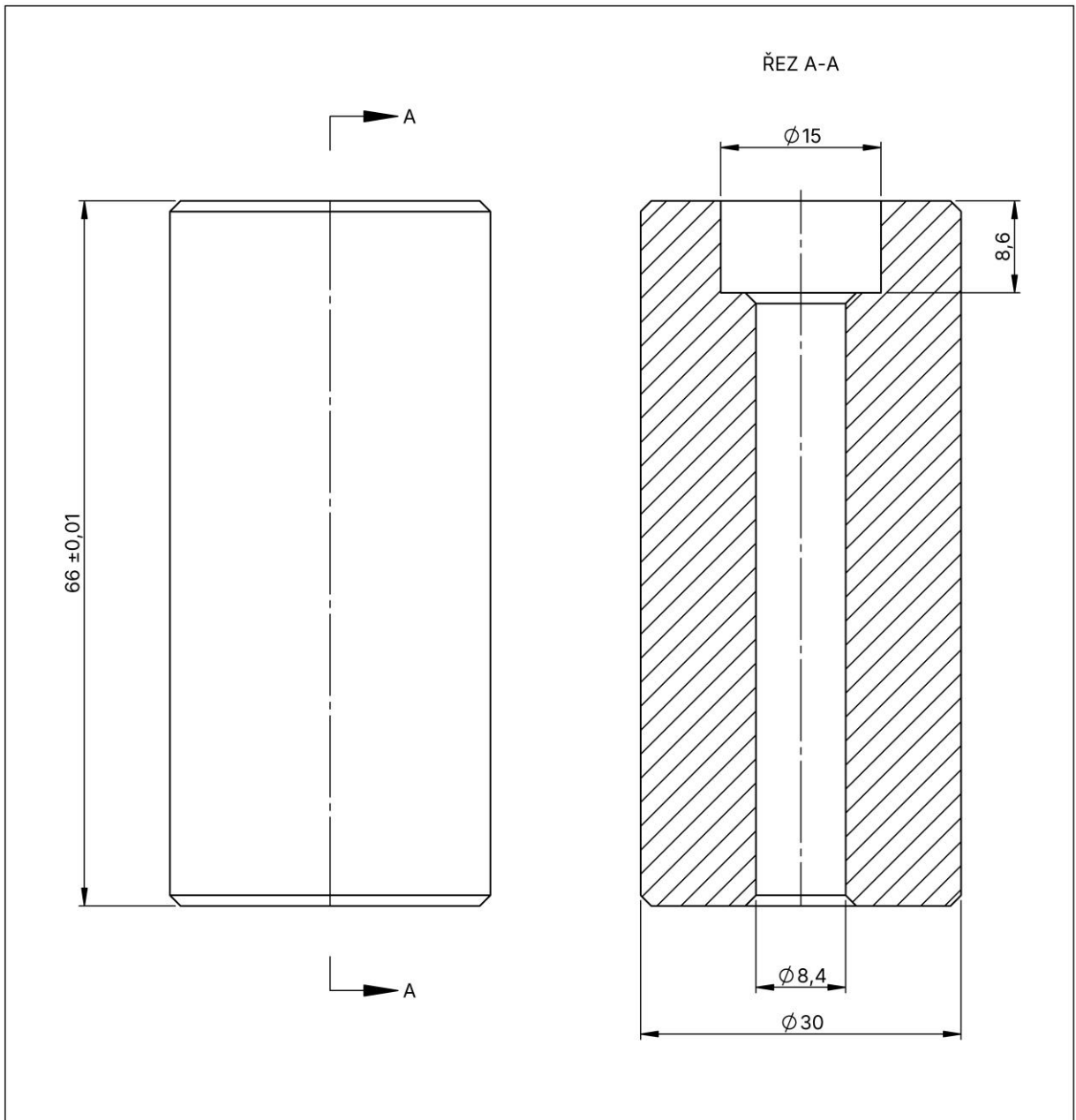
NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 1x45°



Polotovár:	F 70/196 296/ 36/ 66	Počet kusů:	2 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	4.78 kg	Název:	
Materiál:	1.1730	Promítání:		Číslo výkresu:	D2004_Rozpěra
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování :	ISO 8015		
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner			
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
1:2	Datum:	19.05.2024			

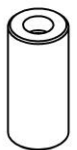






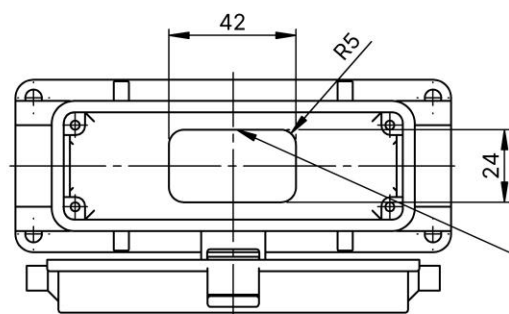
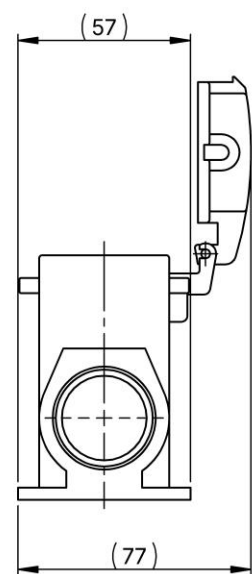
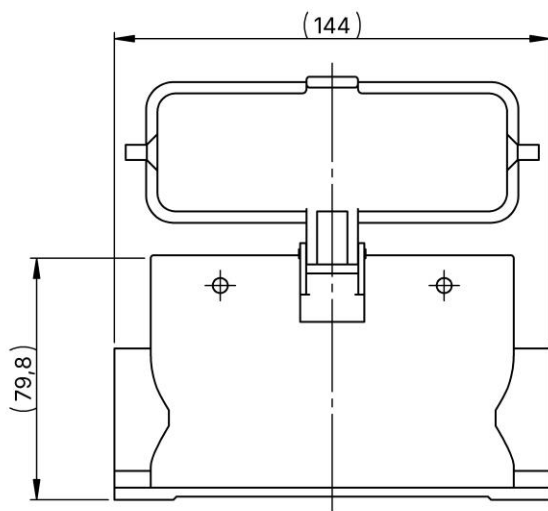
$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 1x45°

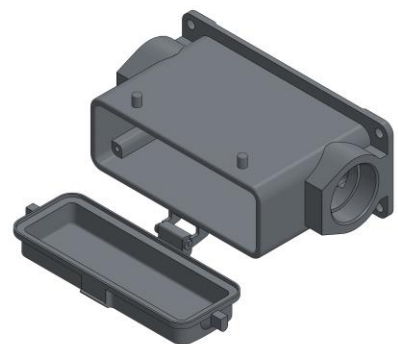


Polotovár:	Tyč KR32 - 70	Počet kusů:	2 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V <u>L</u><u>I</u><u>B</u><u>E</u><u>R</u><u>C</u><u>I</u>
Dodavatel:	Ferona	Hmotnost:	0,33 kg	Název:	
Materiál:	1.0577 (S355J2G4)	Promítání:		Číslo výkresu:	D2024_Podpěrný_válec
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015		
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner			
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
2:1	Datum:	19.05.2024			

List 1/1

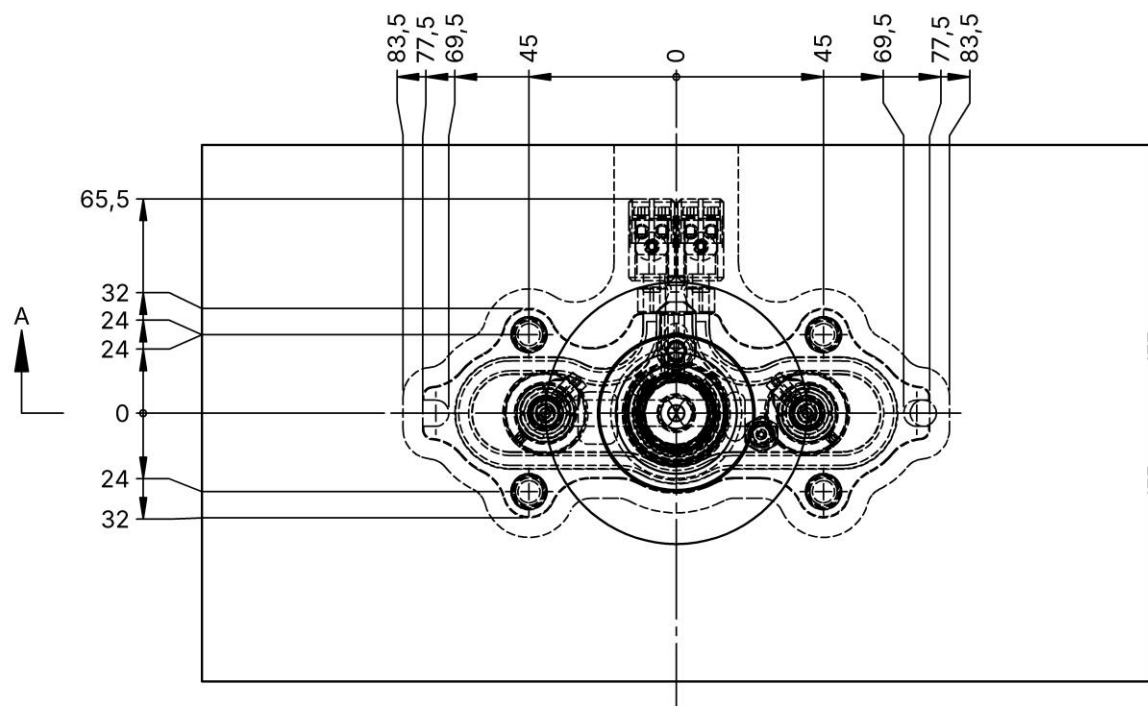
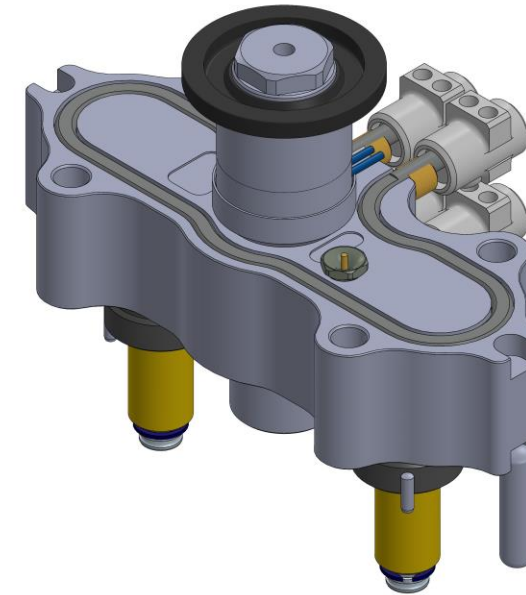
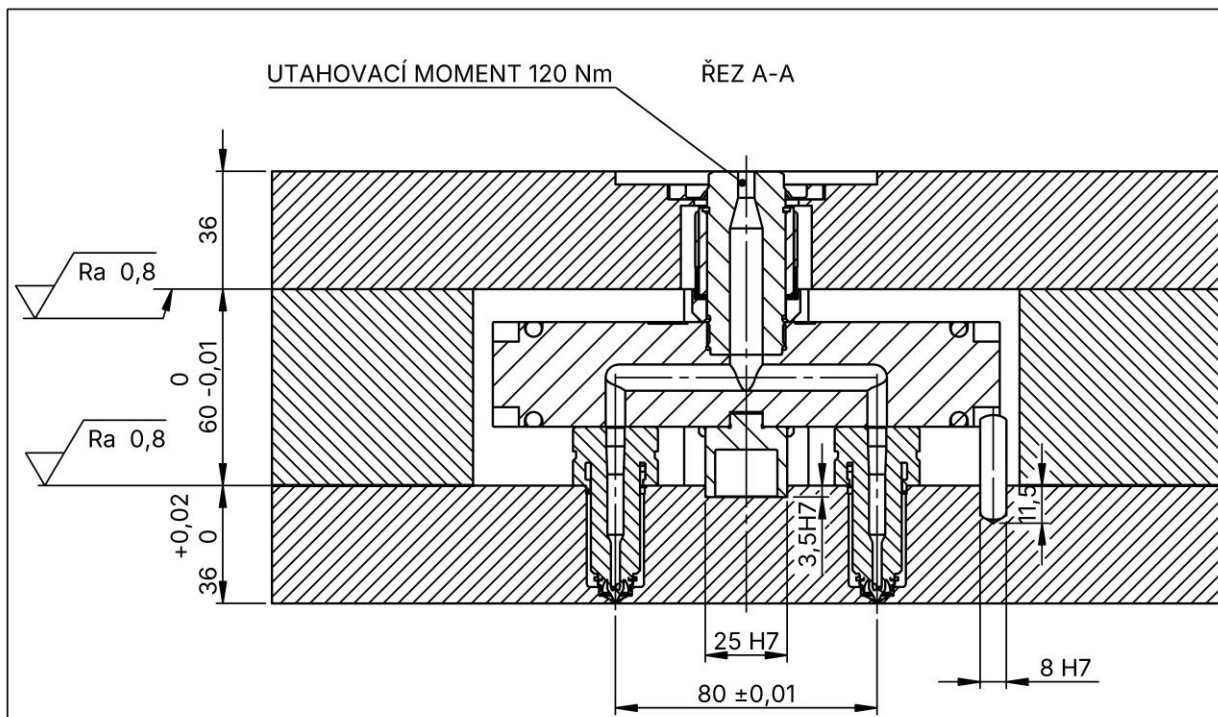


OTVOR FRÉZOVAT SKRZ

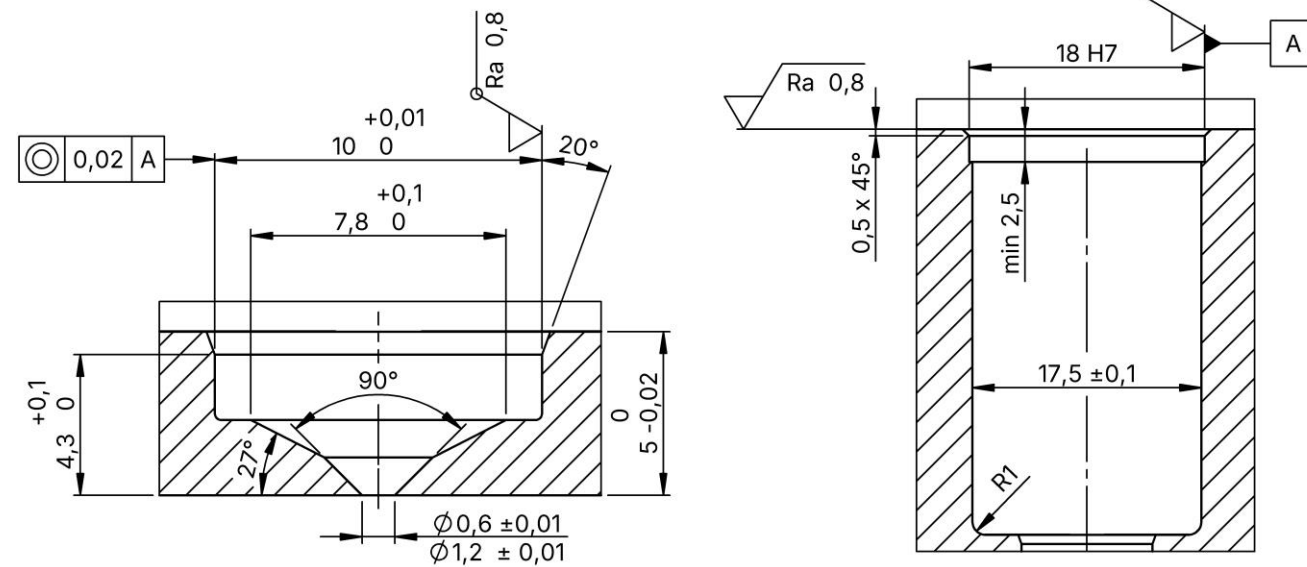


$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

Polotovár:	E 2715/81/24B	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	0.45 kg	Název:	
Materiál:	Slitina hliníku	Promítání:		Číslo výkresu:	D3010_Kryt_zásuvky
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015		Lišt 1/1
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner			
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
1:2	Datum:	19.05.2024			

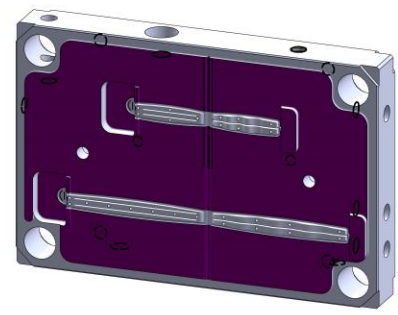
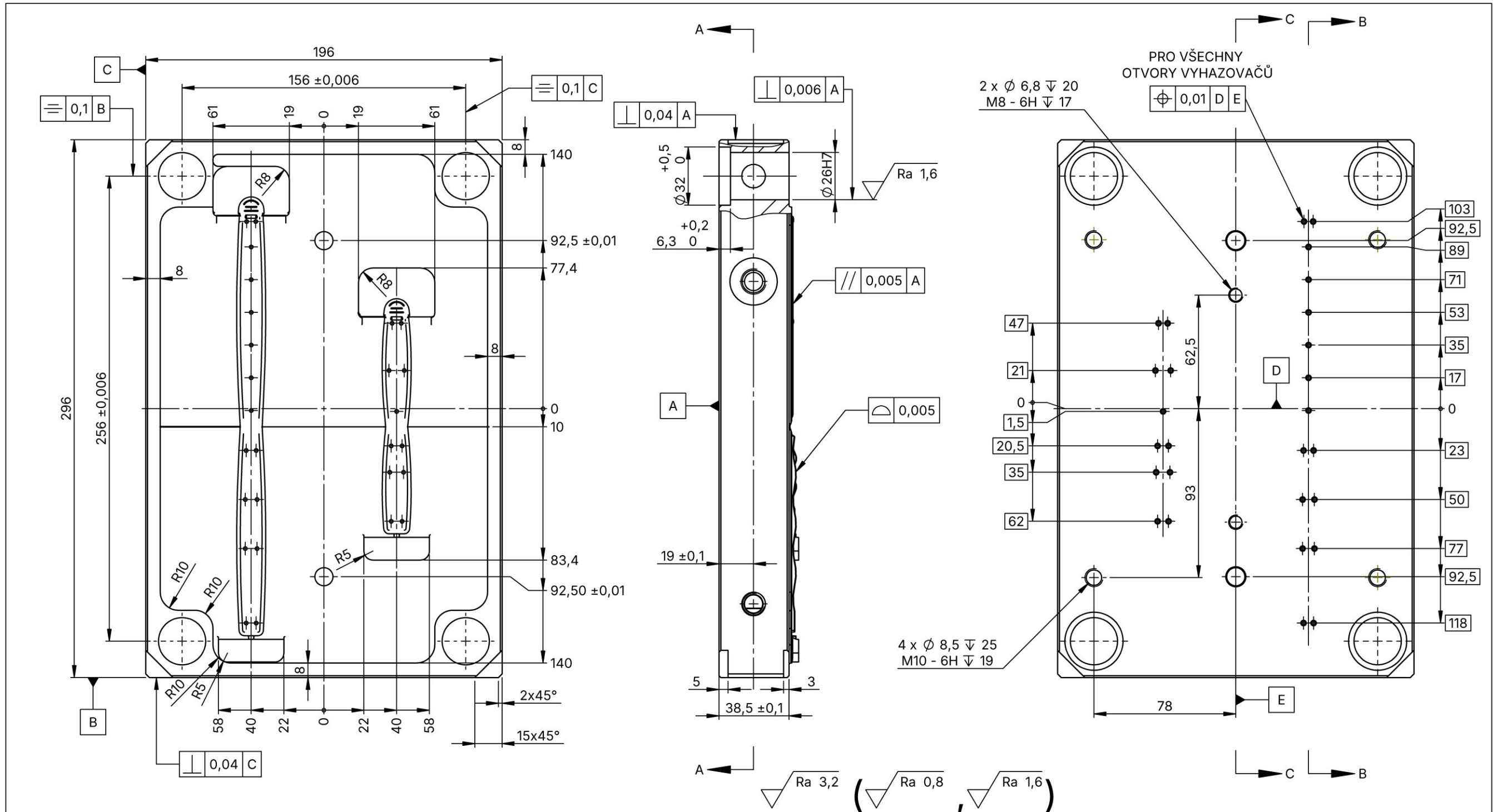


GEOMETRIE ÚSTÍ (DOPORUČENÁ)



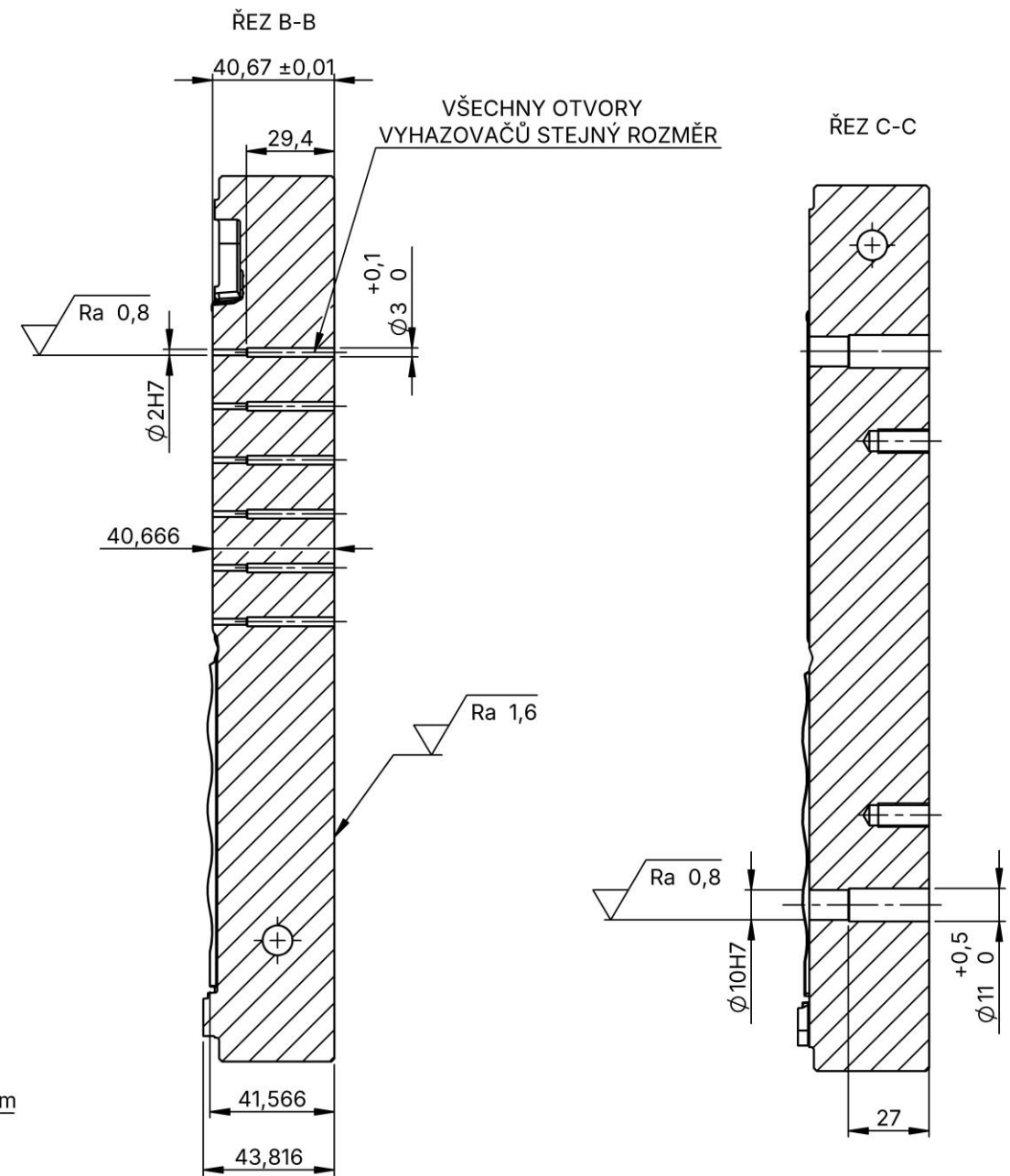
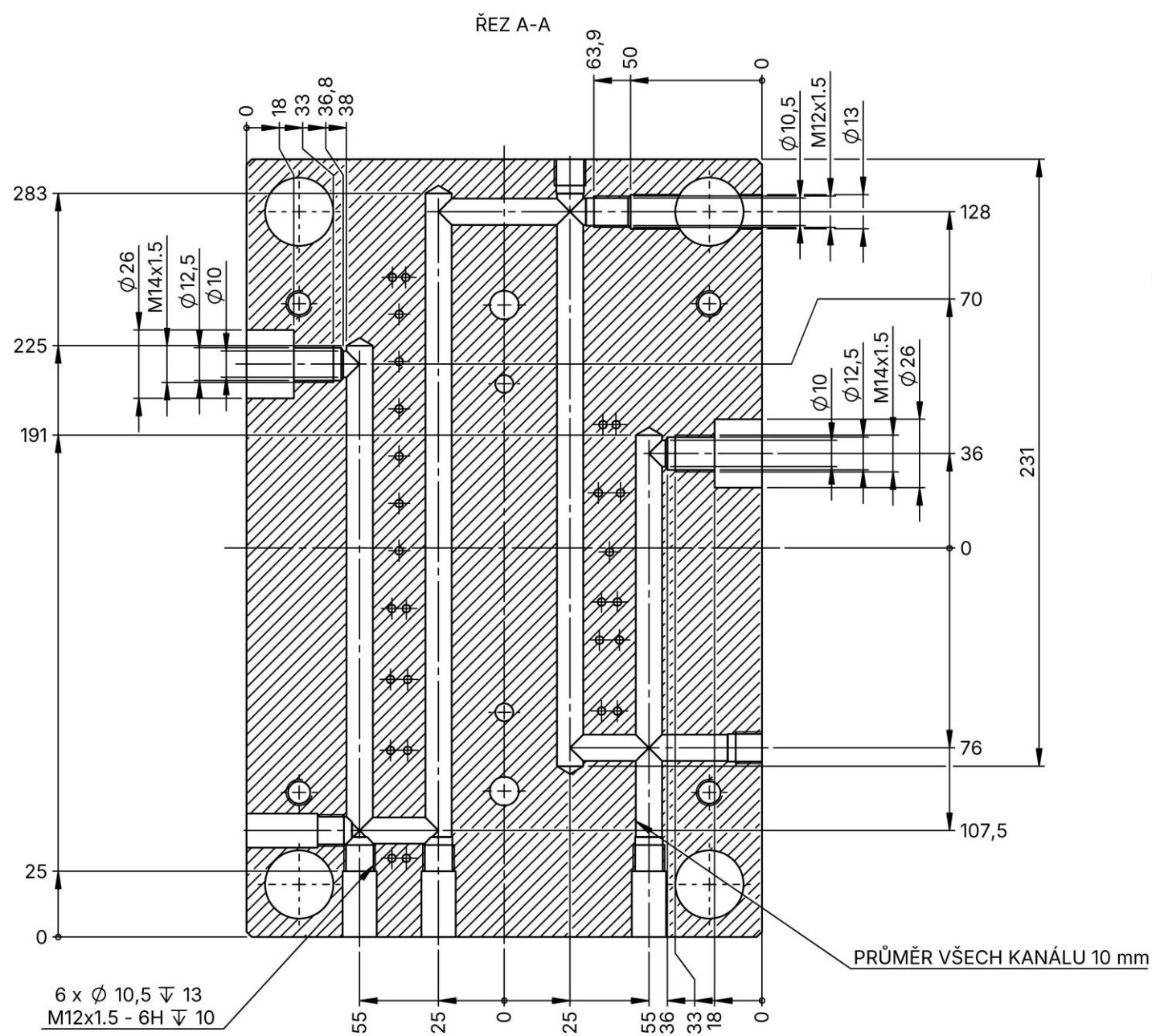
NEKÓTOVANÁ ROZMĚRY DLE SOUBORU STEP
 GEOMETRIE DUTINY PRO HORKÝ VTKOVÝ SYSTÉM DLE SOUBORU STEP
 DOTAHOVACÍ MOMENTY JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ JSOU UVEDENY V PŘÍRUČCE VÝROBCE

Polotovár:	Typ 24CZ0574	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Thermoplay	Hmotnost:	5,6 kg	Název:	
Materiál:	-	Promítání:		Číslo výkresu:	e96000-N-18-T02-JG_24A0164
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015		
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner			
A3	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
1:2	Datum:	19.05.2024			

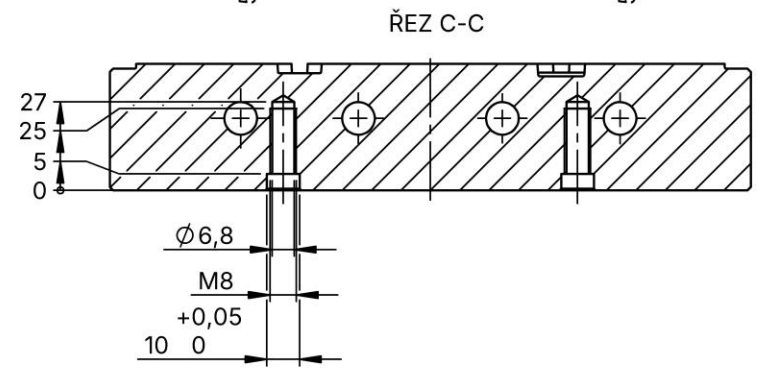
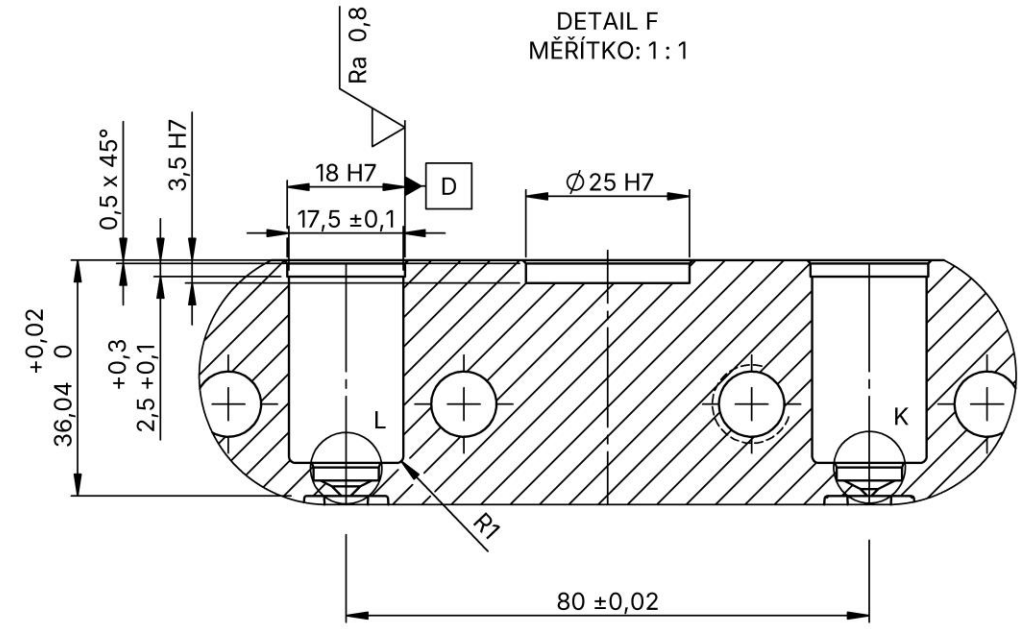
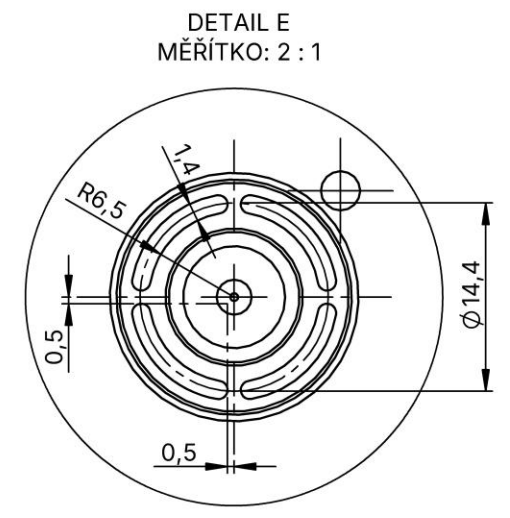
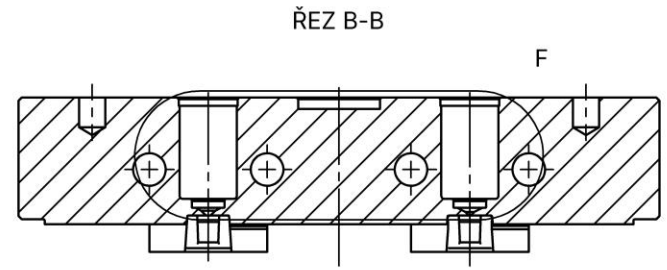
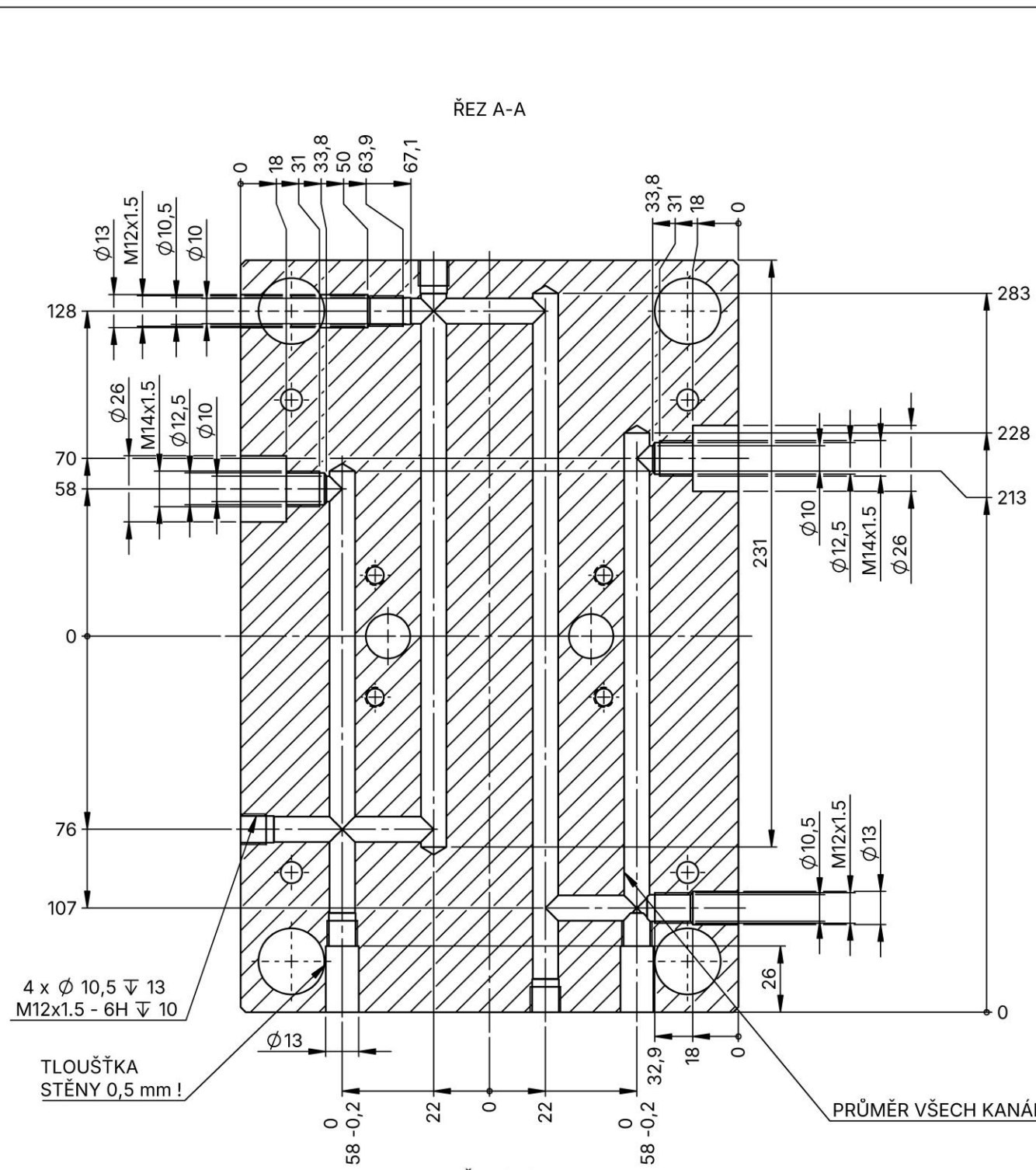


NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 1x45°
 TVAROVOU PLOCHU OBRÁBĚT DLE SOUBORU STEP
 DO GEOMETRIE TVAROVÉ DUTINY JE JIŽ ZAPOČÍTANÝ PŘÍDAVEK NA SMRŠTĚNÍ

Polotovár:	F 50/196 296/ 46/2085	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	16.13 kg	Název:	
Materiál:	1.2312 (40CrMnMoS8-6)	Promítání:		Číslo výkresu:	D4101_Tvárník
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	Formát:
Modeloval:	Bc. Jakub Bittner	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner	Měřítka:	1:2
Schwáílil:	Bc. Jakub Bittner	Datum:	19.05.2024		



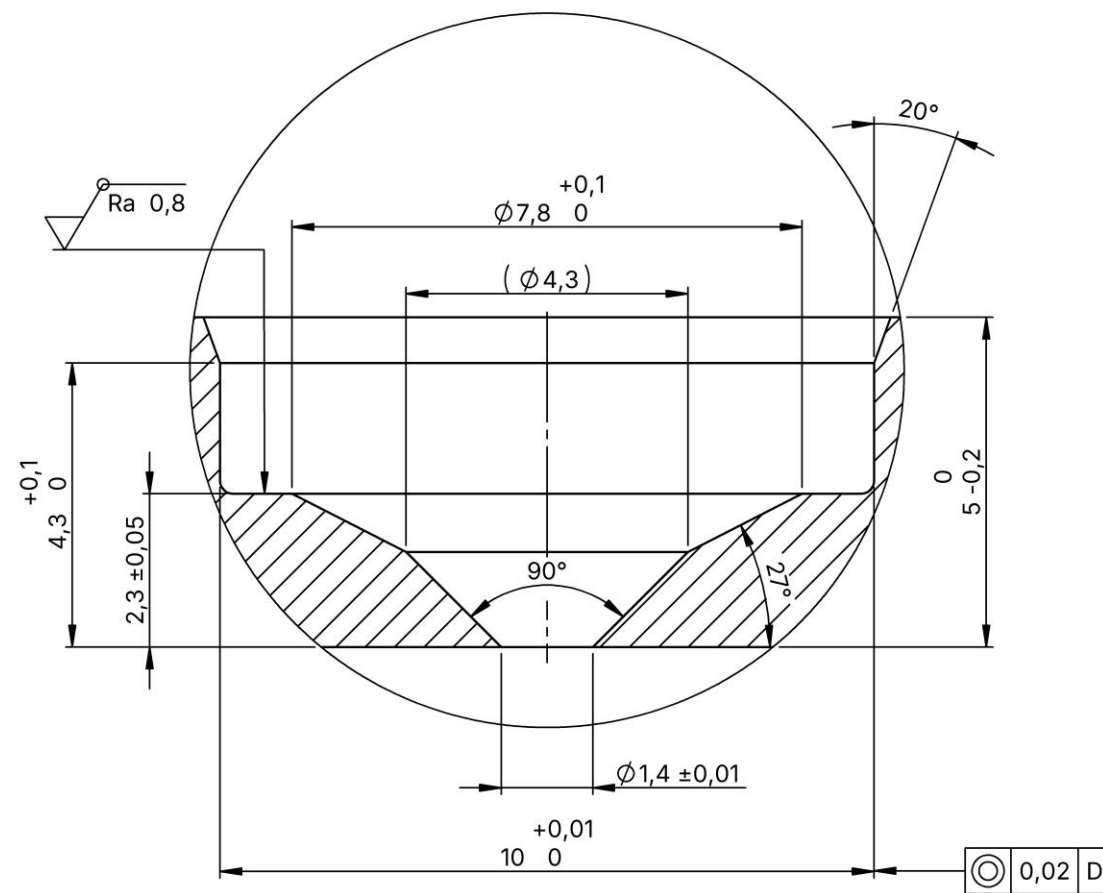
Polotovar:	F 50/196 296/ 46/2085	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	16.13 kg	Název:	
Materiál:	1.2312 (40CrMnMoS8-6)	Promítání:		Číslo výkresu:	D4101_Tvárník
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	
Formát:	A3	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		
		Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřítko:	1:2	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		
		Datum:	19.05.2024		



Polotovár:	F 50/196 296/ 56	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	15.51 kg	Název:	
Materiál:	1.2312 (40CrMnMoS8-6)	Promítání:		Číslo výkresu:	D4201_Tvárnice
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	
Formát:	A3	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		
		Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřítko:	1:2	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		
		Datum:	19.05.2024		

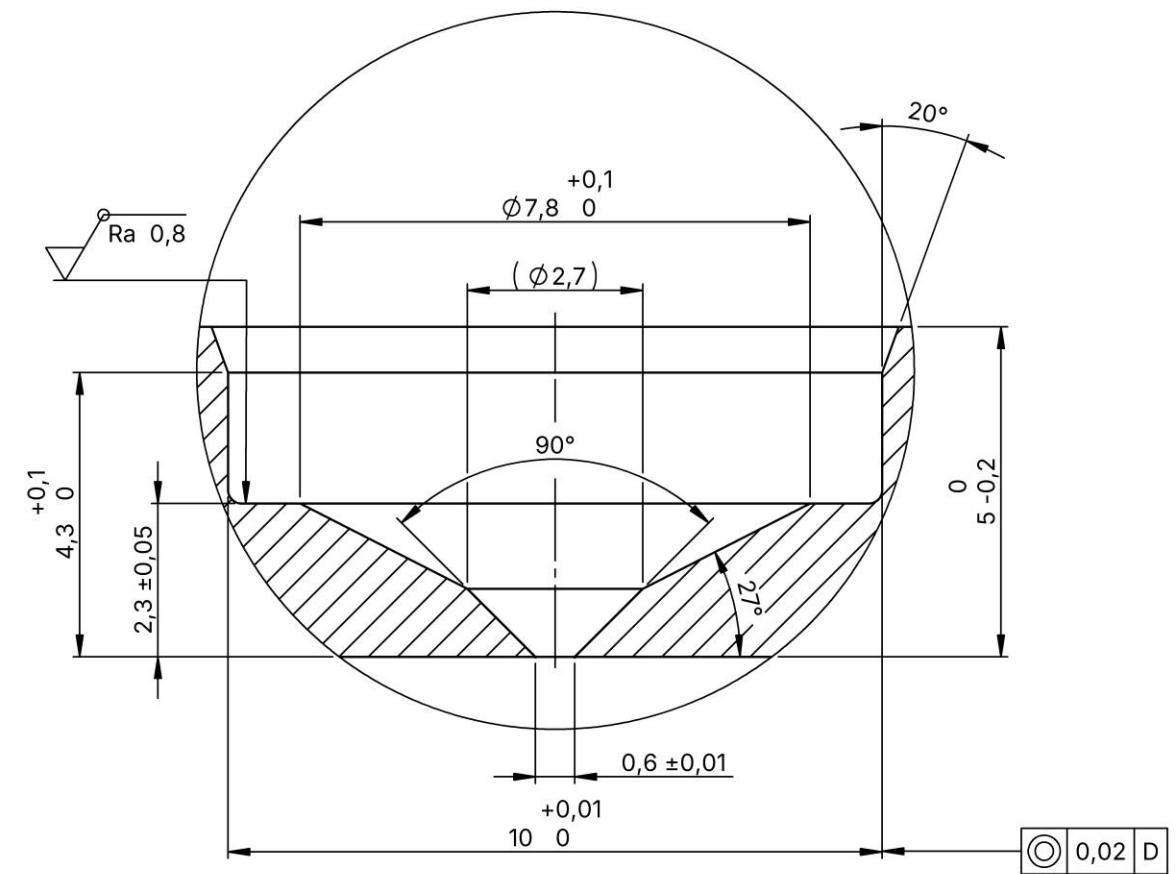
ÚSTÍ VELKÉ SVORKY

DETAIL L
MĚŘÍTKO: 10 : 1



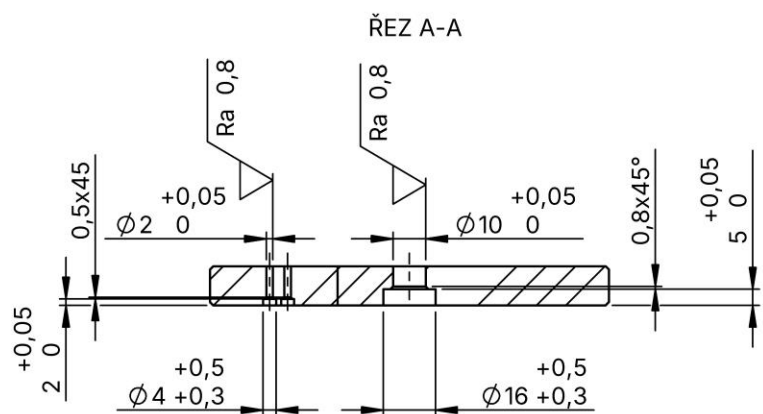
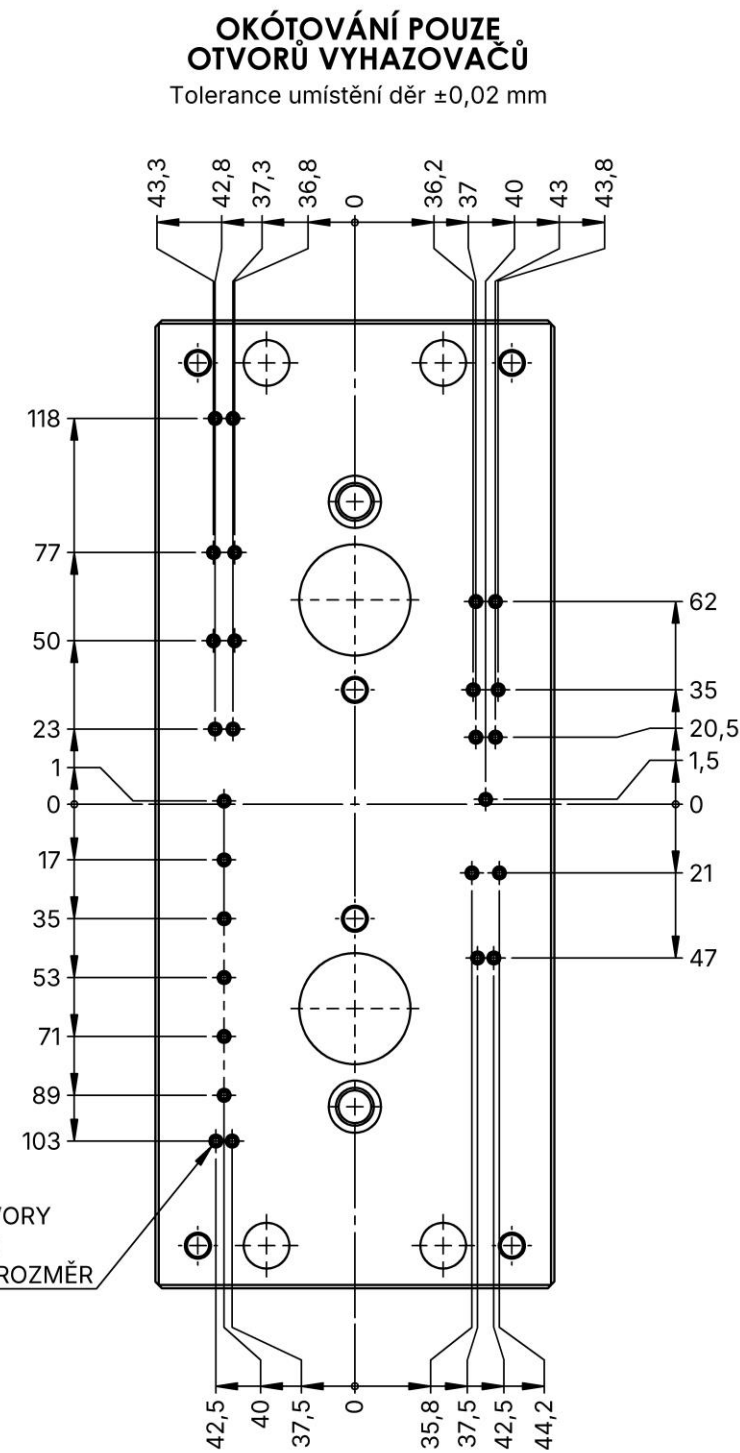
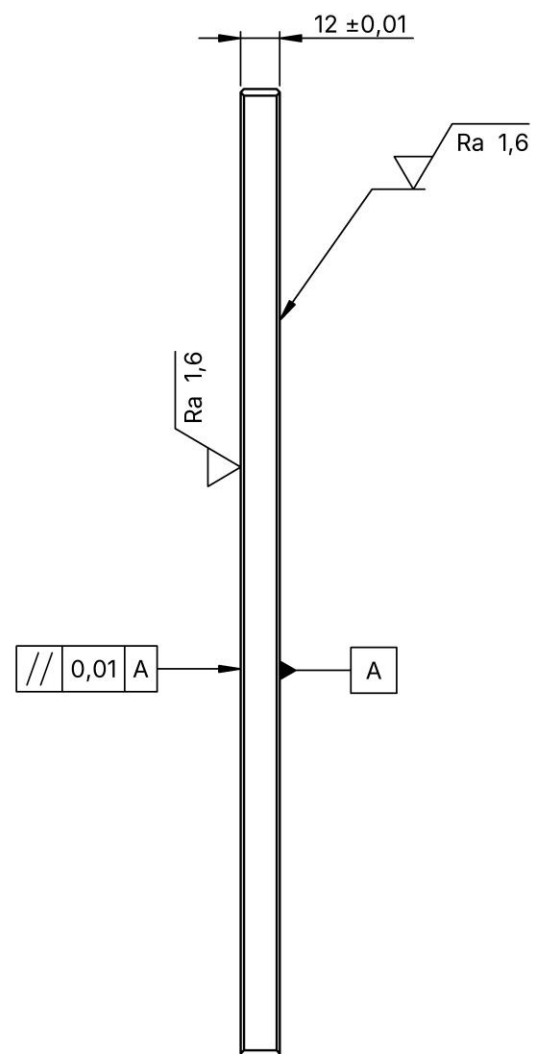
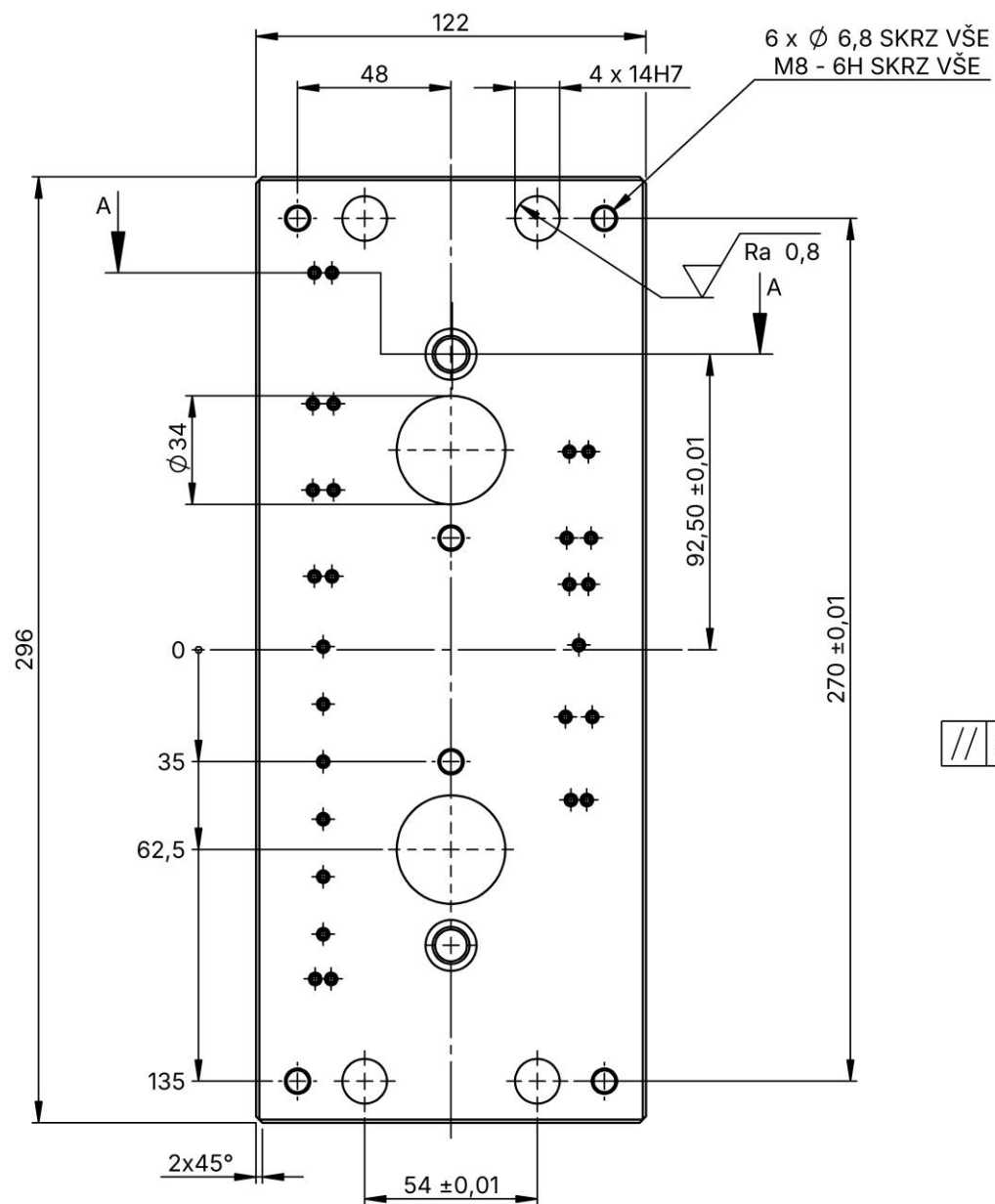
ÚSTÍ MALÉ SVORKY

DETAIL K
MĚŘÍTKO: 10 : 1



Polotovár:	F 50/196 296/ 56	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	15.51 kg	Název:	
Materiál:	1.2312 (40CrMnMoS8-6)	Promítání:		Číslo výkresu:	D4201_Tvárnice
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	
Formát:	A3	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		
		Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřítko:	1:2	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		
		Datum:	19.05.2024		

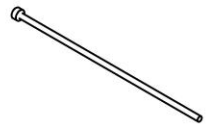
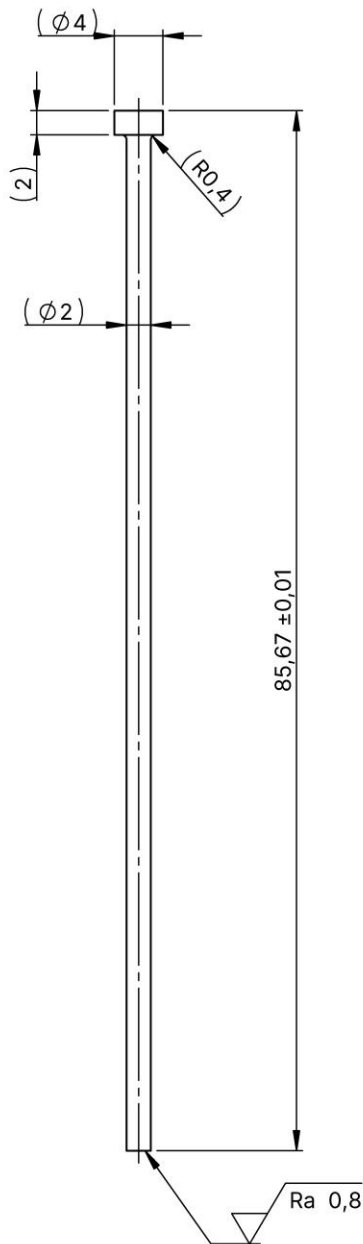
List 3/3



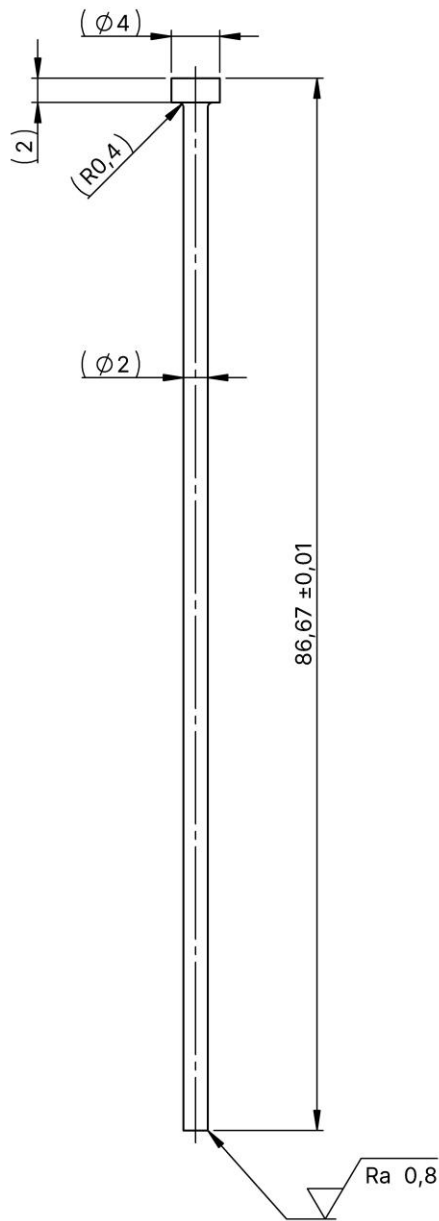
Ra 3,2 (Ra 0,8 , Ra 1,6)

NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 1x45°

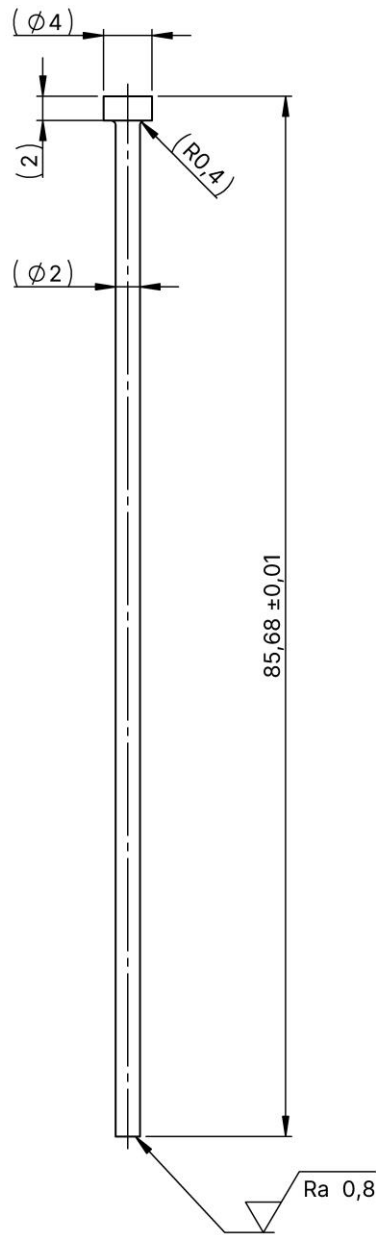
Polotovár:	F 80 / 196 296	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	3.06 kg	Název:	
Materiál:	1.1730	Promítání:		Kotevní deska vyhadzovacího paketu	
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	Číslo výkresu:
Formát:	A3	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		
		Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřítko:	1:2	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		
		Datum:	19.05.2024		



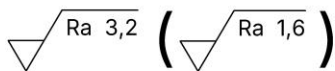
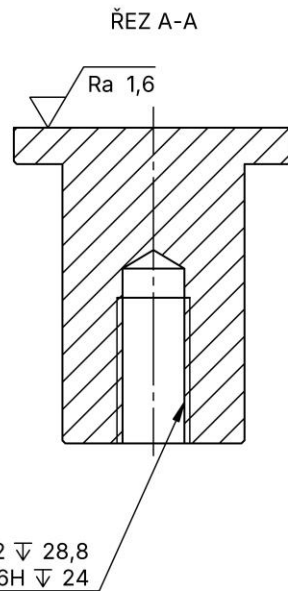
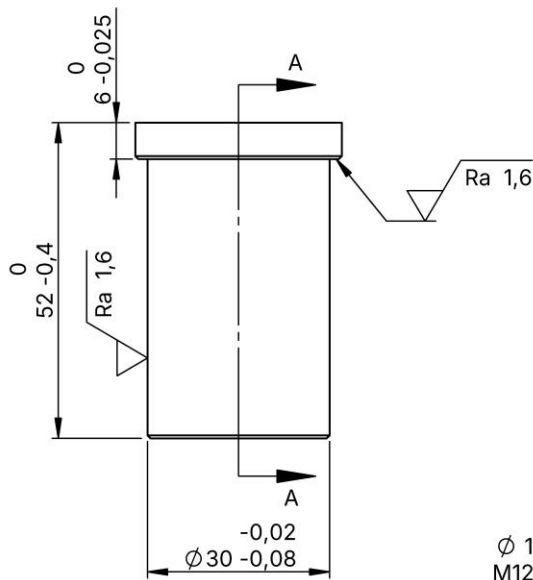
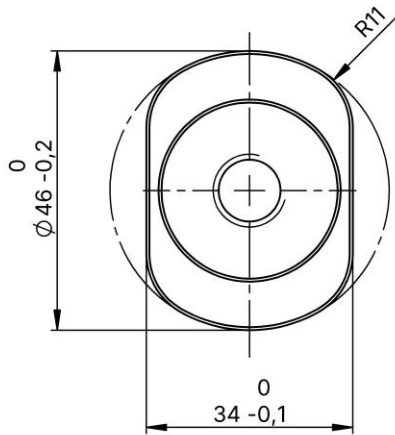
Polotovár:	E 1710/ 2 x 100	Počet kusů:	13 Ks	Název vzdělávací instituce:
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	0.002 kg	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Materiál:	1.2210 (115CrV3)	Promítání:		Název:
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015	Vyhazovací kolík 1
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		Číslo výkresu:
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		D5004_Vyhazovací_kolík
2:1	Datum:	19.05.2024		List 1/1



Polotovár:	E 1710/ 2 x 100	Počet kusů:	4 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	0.002 kg	Název:	
Materiál:	1.2210 (115CrV3)	Promítání:		Vyhazovací kolík 2	
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015		
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		Číslo výkresu:	
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		D5005_Vyhazovací_kolík	
2:1	Datum:	19.05.2024			
				List 1/1	



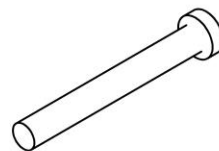
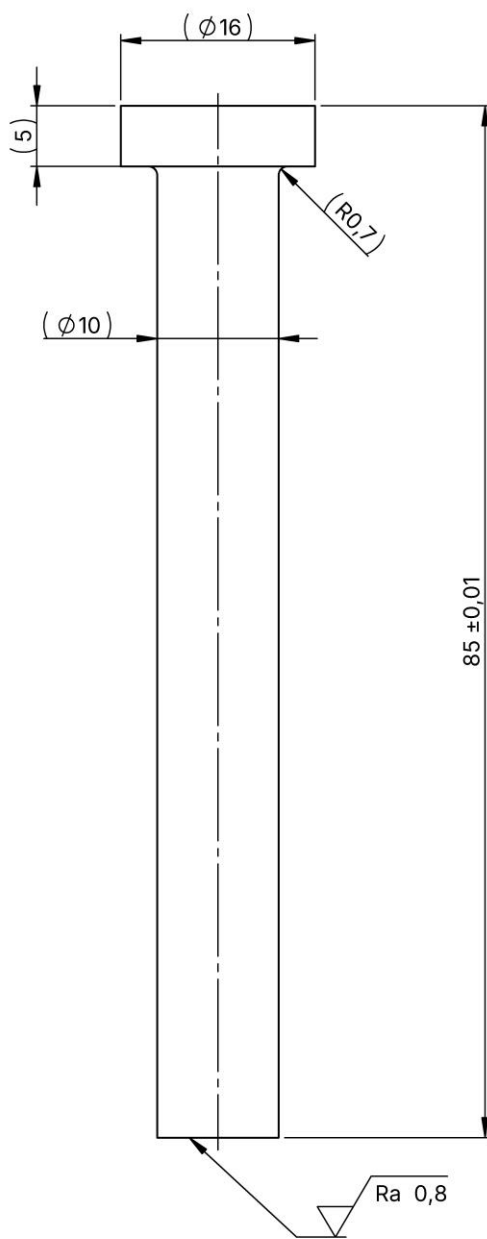
Polotovár:	E 1710/ 2 x 100	Počet kusů:	4 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	0.002 kg	Název:	
Materiál:	1.2210 (115CrV3)	Promítání:		Číslo výkresu:	D5006_Vyhazovací_kolík
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování :	ISO 8015		List 1/1
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner			
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
2:1	Datum:	19.05.2024			



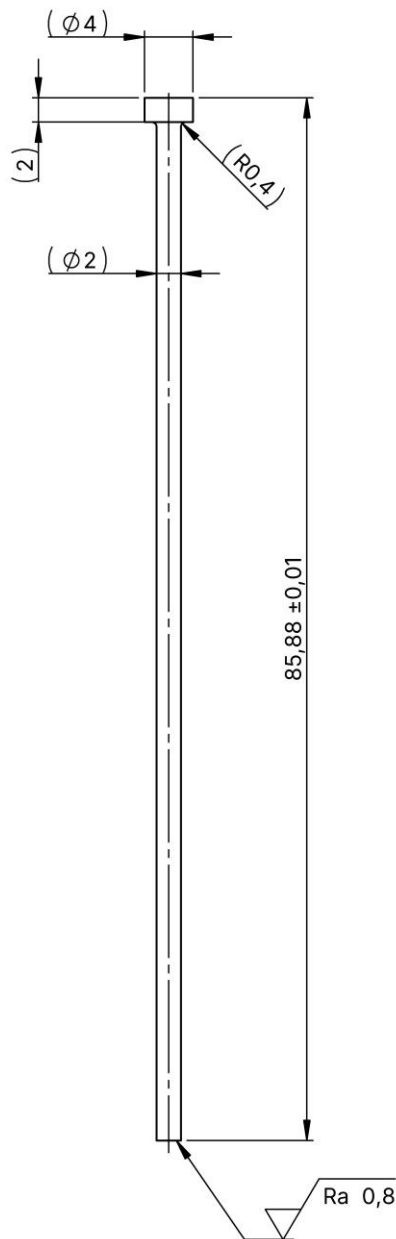
NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 0,5x45°



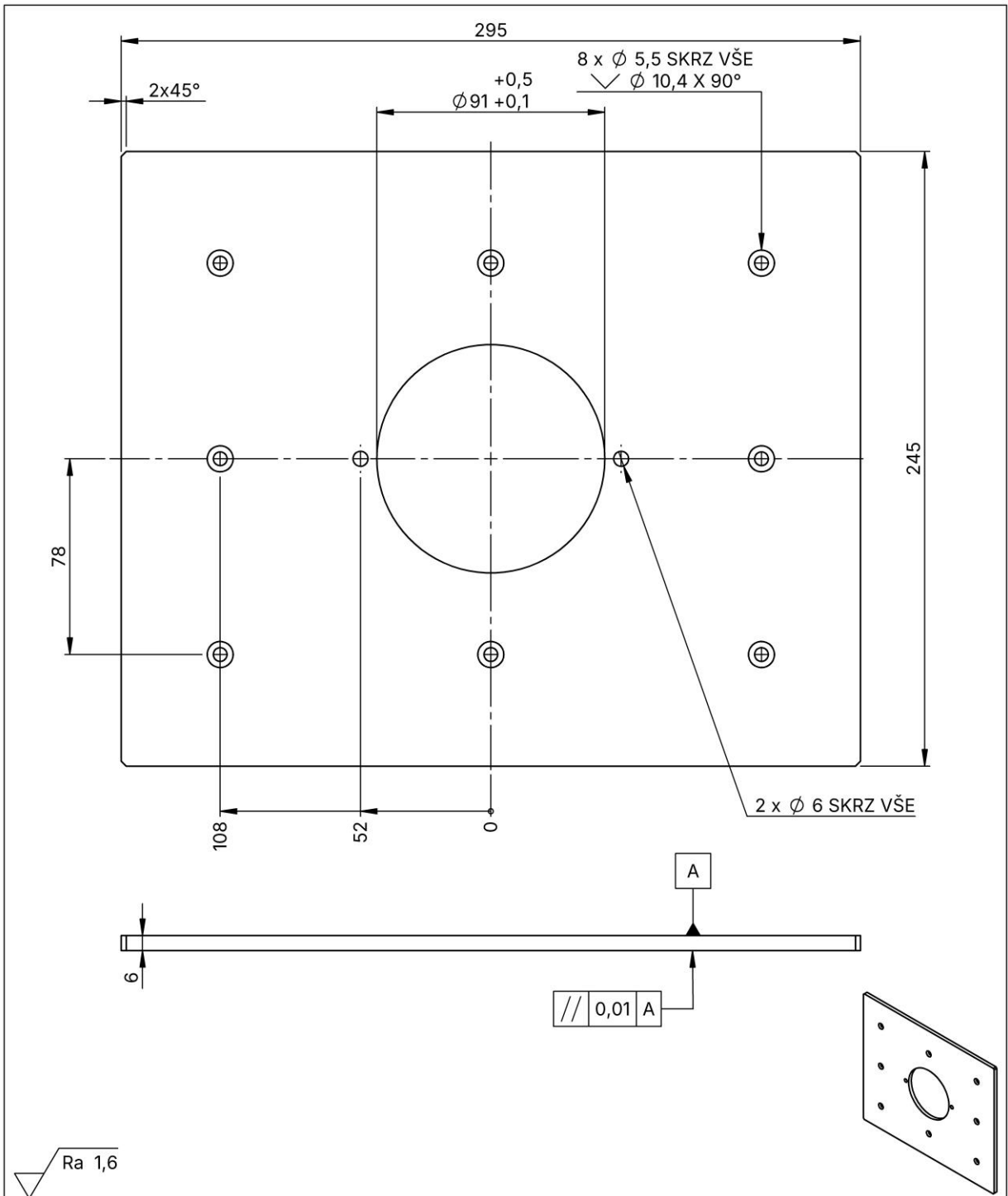
Polotovár:	E 1515/12 /52	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	0.30 kg	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Materiál:	1.7131 (16MnCr5)	Promítání:		Název:
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015	Závitová vložka pro vyhazovací paket
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		
Měřitko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		Číslo výkresu:
1:1	Datum:	19.05.2024		D5009_Vyhazovací_vložka
				List 1/1



Polotovár:	E 1710/10 x 100	Počet kusů:	2 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	0.057 kg	Název:	
Materiál:	1.7131 (16MnCr5)	Promítání:		Název:	Vracecí kolík
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015	Název:	Vracecí kolík
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner		Název:	Vracecí kolík
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner		Název:	Vracecí kolík
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner		Číslo výkresu:	D5010_Vracecí_kolík
2:1	Datum:	19.05.2024		Číslo výkresu:	D5010_Vracecí_kolík
					List 1/1

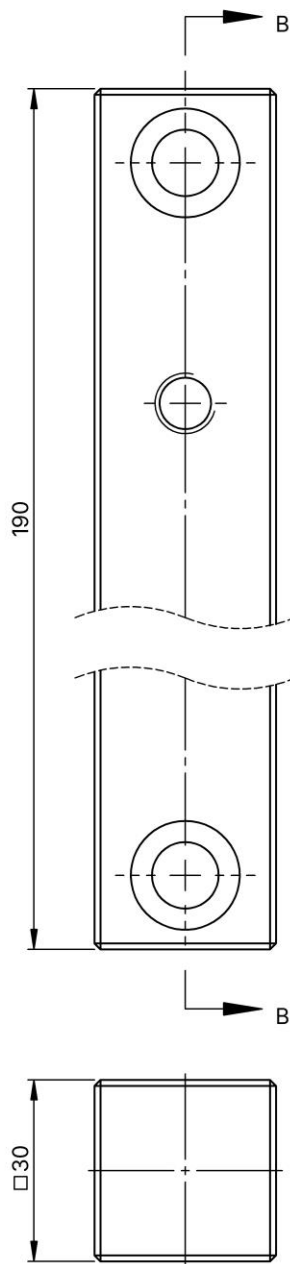


Polotovár:	E 1710/ 2 x 100	Počet kusů:	6 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	0.002 kg	Název:	
Materiál:	1.2210 (115CrV3)	Promítání:		Číslo výkresu:	D5011_Vyhazovací_kolík
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování :	ISO 8015		List 1/1
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner			
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
2:1	Datum:	19.05.2024			

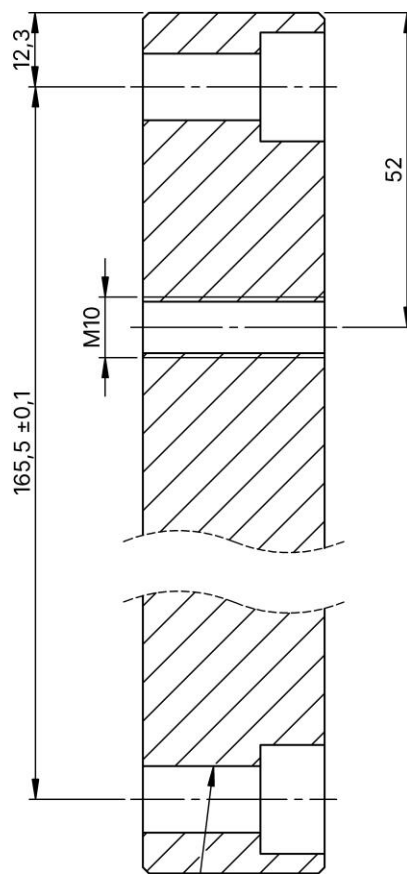


Polotovár:	E 1400_196 296_6_90	Počet kusů:	2 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Meusburger	Hmotnost:	0,64 kg	Název:	
Materiál:	Sklolaminát	Promítání:		Číslo výkresu:	D8001_Izolace
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:	ISO 8015		
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner			
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
1:2	Datum:	19.05.2024			

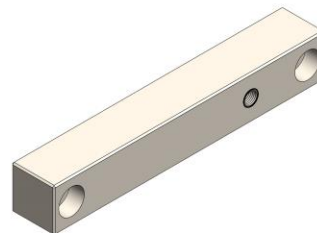
List 1/1



ŘEZ B-B



2 x \varnothing 11 SKRZ VŠE
 \square \varnothing 18 ∇ 10,6



$\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

NEKÓTOVANÁ SRAŽENÍ 1x45°

Polotovár:	TR_4HR_30x30-260	Počet kusů:	1 Ks	Název vzdělávací instituce:	TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Dodavatel:	Ferona	Hmotnost:	1.25 kg	Název:	
Materiál:	11 373 (1.0038)	Promítání:		Číslo výkresu:	D9002_Trám
Přesnost:	ISO 2768-mK	Tolerování:		ISO 8015	
Formát:	Modeloval:	Bc. Jakub Bittner			
A4	Kreslil:	Bc. Jakub Bittner			
Měřítko:	Schválil:	Bc. Jakub Bittner			
1:1	Datum:	19.05.2024			