

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Konstrukce průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh vstřikovací formy

Autor: **Jan ZAHŘÁDECKÝ**

Vedoucí práce: **Ing. Petr VOTÁPEK, Ph.D.**

Akademický rok 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ZAHŘÁDECKÝ**
Osobní číslo: **S11B0119K**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Návrh vstřikovací formy**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Vypracujte obecné řešení postupu návrhu formy s ohledem na požadavky kladené na vyráběné součásti. Proveďte rozbor zadané součásti. Identifikujte kritická místa a příp. navrhněte možné úpravy. Na základě získaných poznatků navrhněte konstrukci vstřikovací formy pro zadanou součást. Zhotovte výrobní výkresovou dokumentaci ve 2D v závislosti na technologii výroby.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Shrnutí poznatků problematiky konstrukce forem
2. Rozbor zadané součásti
3. Základní návrh formy
4. Vypracování 3D modelu formy
5. Vytvoření výkresové dokumentace vybraných součástí

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

DUCHÁČEK, V. *Polymery*. Praha: VŠCHT, 2006

BOBČÍK, L. A KOL. *Formy pro zpracování plastů I. díl*. Brno: Uniplast, 1999

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Votápek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Petr Votápek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. června 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, s použitím literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

Podpis autora:

Poděkování

Chtěl bych tímto poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, Panu Votápkovi, za pomoc při jejím vypracování, a zejména pak za ochotu v závěrečných, hektických dnech před jejím odevzdáním.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Zahrádecký	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	2341R001/40 – Konstrukce průmyslové techniky		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) VOTÁPEK, Ing. Ph.D.	Jméno Petr	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Návrh vstřikovací formy		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	89	TEXTOVÁ ČÁST	39	GRAFICKÁ ČÁST	50
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce obsahuje návrh koncepce vstřikovací formy plastové součástky. Zvláštní zřetel je v práci věnovaný vlivu návrhu a zpracování vstřikovací formy na výslednou kvalitu vstřikovaného dílu.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Vstřikovací forma, plasty, kvalita výlisku, počítačová simulace vstřikování, polypropylen,

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Zahrádecký	Name Jan	
FIELD OF STUDY	2341R001/40 – Design of manufacturing machina and equipment		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) VOTÁPEK, Ing. Ph.D.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Design of injection mould		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	89	TEXT PART	39	GRAPHICAL PART	50
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor work contains a design of injection mould. Special focus is put on an influence of the mould design on resulting quality of an injected part.
KEY WORDS	Injection mould, plastics, mould quality, komputer simulation of injection, polypropylen

OBSAH

Seznam zkratk	- 1 -
ÚVOD.....	- 2 -
1 PŘEHLED PLASTŮ A TECHNOLOGIÍ JEJICH ZPRACOVÁNÍ	- 3 -
1.1 Plasty.....	- 3 -
1.2 Zpracování plastů	- 3 -
2 ZADÁNÍ.....	- 5 -
2.1 Popis vyráběné součásti	- 5 -
2.2 Zadané parametry součásti.....	- 6 -
3 ANALÝZA SOUČÁSTI, MOŽNÁ RIZIKA	- 8 -
3.1 Deformace	- 8 -
3.2 Rozměry.....	- 10 -
3.3 Propady, lunkry.....	- 11 -
3.4 Studené spoje	- 12 -
3.5 Otřepy	- 12 -
3.5.1 Riziko otřepů na výrobku	- 13 -
3.6 Dezén	- 13 -
3.7 Nedostříknutí dílu	- 14 -
3.8 Vliv na ekonomiku vstřikovacího procesu.....	- 15 -
3.10 Shrnutí vyhodnocení součásti	- 15 -
4 KONCEPCE FORMY.....	- 16 -
5 VLASTNÍ KONSTRUKCE FORMY.....	- 25 -
ZÁVĚR.....	- 36 -
POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE	- 37 -
SEZNAM OBRÁZKŮ	- 38 -
SEZNAM TABULEK	- 38 -
SEZNAM PŘÍLOH.....	- 39 -

SEZNAM ZKRATEK

%.....	Procenta
2D.....	Dvoudimenzionální
3D.....	Třídídimenzionální
°C.....	Stupně celsia
CAD.....	Počítačová podpora konstruování
cm.....	Centimetr
g.....	Gram
HRC.....	Pevnost podle Rockwella
Kg.....	Kilogram
kN.....	Kilonewton
ks.....	Kusy, kus, kusů
kW.....	Kilowatt
M.....	Metrický závit
Max.....	Maximálně
Min.....	Minimálně
N.....	Newton
PET.....	Polyethylentereftalát
PP.....	Polypropylen
Ra.....	Drsnost povrchu – střední aritmetická úchylka
Tzv.....	Takzvaně

Úvod

Zpracování plastů patří mezi nejrychleji se rozvíjející oblasti průmyslu. Díky svým unikátním možnostem zpracování a široké variabilitě mechanických, chemických a optických vlastností, se objevují ve všech oblastech výroby, a ve stále větší míře nahrazují tradiční materiály, jako jsou kov, dřevo, sklo apod.

První kapitola obsahuje krátké shrnutí hlavních vlastností plastů a možností technologií jejich zpracování.

Ve druhé kapitole je popsána zadaná součást a její funkce, její základní parametry, omezující podmínky formy (vyplývající z plánovaného stroje) atd.

Na kvalitu výsledného výrobku má nejzásadnější vliv jeho konstrukce. Velice významný vliv má ovšem i konstrukce nástroje. Třetím faktorem jsou pak vstříkovací parametry. Ty už však mohou výslednou kvalitu ovlivnit pouze omezeně, a obvykle se jejich změnami pouze dohání chyby, způsobené vadnou konstrukcí dílu či formy. Třetí kapitola je do určité míry těžištěm práce a věnuje právě tomu, jak konstrukce formy ovlivňuje výsledný díl.

Čtvrtá kapitola obsahuje základní koncepci formy.

A konečně kapitola pátá, se věnuje detailní konstrukci formy.

1 Přehled plastů a technologií jejich zpracování

1.1 Plasty

Plasty jsou polymerní materiály, syntetické i přírodní. Vyznačují se širokou škálou mechanických vlastností a použití. V současnosti se počet známých plastických materiálů počítá v řádu tisíců. Objem celosvětově zpracovaných plastů se již vyrovnal objemu zpracované oceli. Základní dělení:

1.1.1 Termoplasty

Termoplasty jsou takové plasty, které působením tepla přecházejí do tekutého stavu. Po následném ochlazení opět tuhnou do pevného stavu. Tento proces je možné opakovat teoreticky neomezeně (prakticky ovšem při každém cyklu dochází k určité degradaci – zkrácení řetězců makromolekul).

Termoplasty lze dělit na amorfni (vytvářejí volnou strukturu) a semikrystalické (molekuly se skládají do krystalů – tzv. sférolitů. Část molekuly vždy zůstává v amorfním stavu).

1.1.2 Reaktoplasty

Reaktoplasty změkknou pouze v prvotní fázi, kdy je lze tvarovat. Dalším dodáváním tepla dochází k chemické vazbě v materiálu, jeho tuhnutí a tvrdnutí. Tento proces je nevratný.

1.1.3 Pryže a elastomery

Jsou materiály, které jsou oproti termoplastům zesíťované. Zesíťování je menší než u reaktoplastů, díky čemuž zůstávají pryže pružné. Pryže jsou svého do konečného stavu uvedeny vulkanizací – působením tepla a síry. Jejich vazba je chemického rázu a proto nevratná. Plastické elastomery mají vazbu fyzikálního rázu a jsou proto opakovatelně tavitelné.

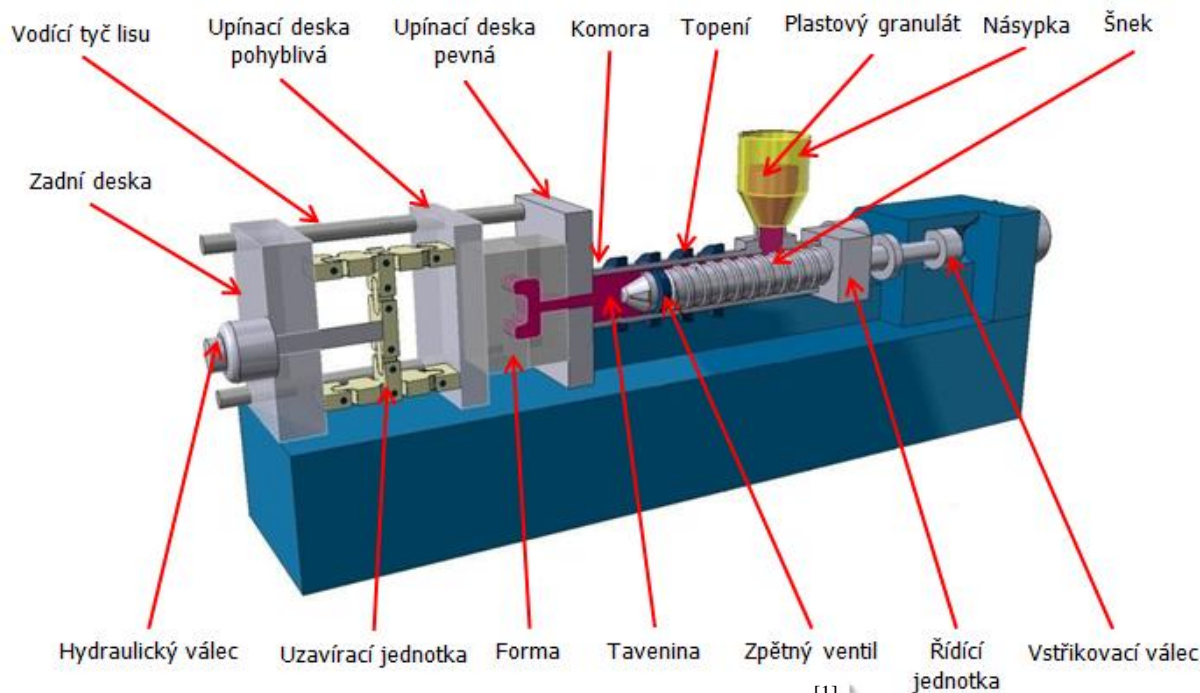
1.2 Zpracování plastů

Plasty lze zpracovávat celou řadou různých technologií. Vzhledem k tomu že vyráběná součást je z termoplastického materiálu, bude se tato část věnovat pouze hrubému popisu technologií vhodných k jeho zpracování, byť jsou často v principu vhodné i pro další typy materiálů.

1.2.1 Tlakové vstřikování

Je jedna z nejobvyklejších technologií. Její pomocí lze plastové materiály tvarovat do téměř libovolných tvarů.

Plast je nejdříve roztaven v plastifikační jednotce a následně pod vysokým tlakem vstříknut do formy, kde chladne a následně je jako hotový díl vyhozen.



Obrázek 1 – Popis vstřikovacího lisu ^[1]

Tlakové vstřikování v sobě obsahuje mnoho různých speciálních metod, jako například vstřikování s podporou plynu, vody, vícekomponentní vstřikování, vstřikování do pootevřené formy, a mnoho dalších.

1.2.2 Vytlačování

Vytlačování je průběžný proces. Roztavený materiál je neustále konstantním tlakem a rychlostí vytlačován skrz tvarový průvlek či soustavu válců. Vytlačovací stroje – extrudery mají opět mnoho podob. Vytlačováním se vyrábí trubky, profilový materiál, desky a folie.

1.2.3 Vyfukování

Vyfukováním se nejčastěji vyrábí různý obalový materiál, PET lahve apod.

Jedním způsobem je vyfukování do vytlačovaných „rukávů“, s následně svařeným dnem (např. výroba kanystrů). Druhým je nahřátí polotovaru vyrobeného vstřikováním, jeho vložení do formy a vytvarování vzduchem (typicky PET lahve).

1.2.4 Odstředivé lití

Prášek polymeru je vložen do formy a zahřát v peci. Rotací formy v různých směrech a různými rychlostmi dojde k vytlačení plastu na stěny formy. Touto technologií se vyrábějí duté výrobky.

1.2.5 Vakuové tváření

Deska je nahřata a přenesena nad tvárník. Odsátím vzduchu dojde k podtlaku mezi tvárníkem a deskou, čímž se dosáhne jejího přisátí na tvárník. Vakuovým tvářením se vytvářejí různé tenkostěnné výrobky, typicky např. kelímky.

2 Zadání

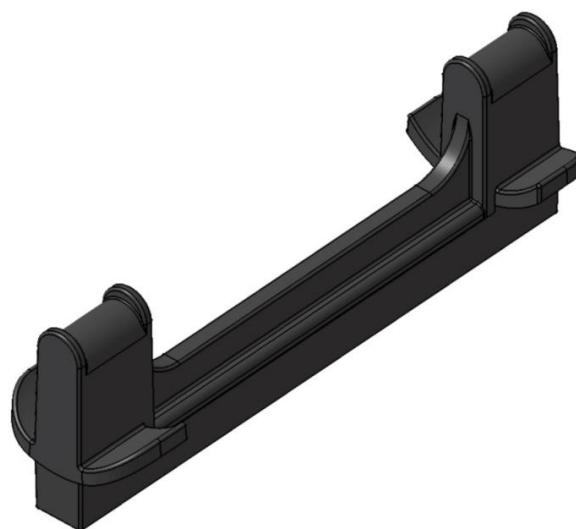
Vypracujte obecné řešení postupu návrhu formy s ohledem na požadavky kladené na vyráběné součásti. Provedte rozbor zadané součásti. Identifikujte kritická místa a příp. navrhnete možné úpravy. Na základě získaných poznatků navrhnete konstrukci vstřikovací formy pro zadanou součást. Zhotovte výkresovou dokumentaci ve 2D v závislosti na technologii výroby.

2.1 Popis vyráběné součásti

Vyráběnou součástí je přepravní stojánek rámu jízdních kol. Jde o jednoduchý plastový výlisek, do kterého se při přepravě zasadí přední vidlice. Tím je chráněná proti poškrábání od podlahy a pomáhá zajistit stabilitu kola.



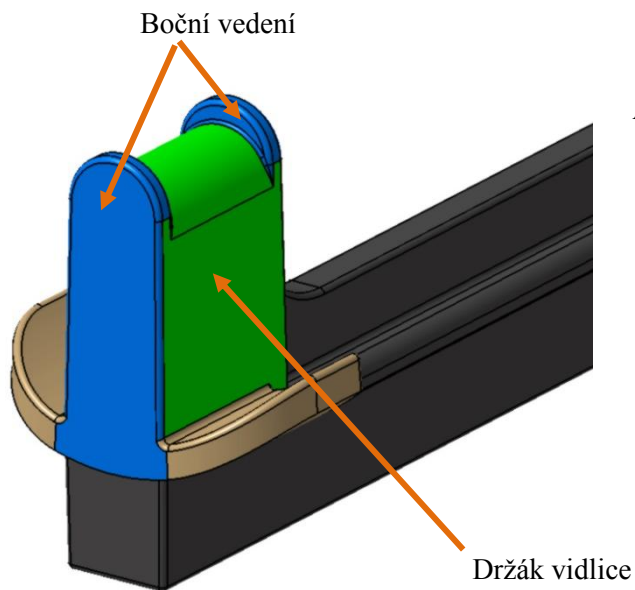
Obrázek 2 – Použití přepravního stojánku



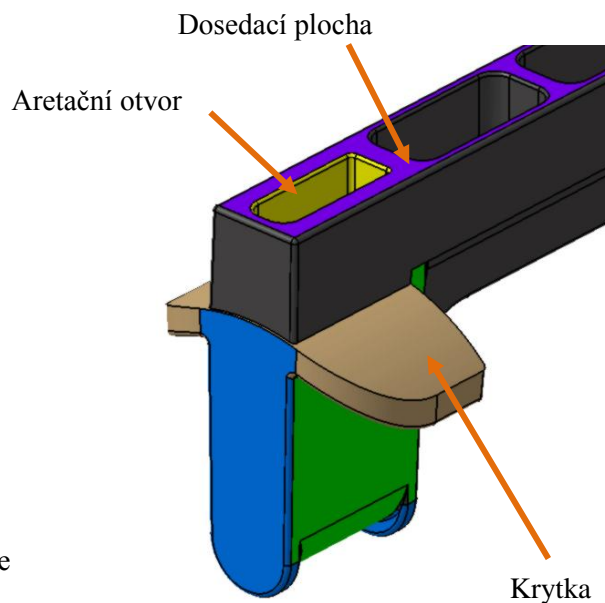
Obrázek 3 – CAD model stojánku

Hlavní funkční části stojánku jsou:

- Držáky vidlice: Zaoblené hranoly, na které se drážkami pro nasazení kola uloží vidlice jízdního kola. Uložení musí být těsné, aby stojánek z vidlice nespadával. Zároveň musí umožňovat snadné nasazení vidlice bez nutnosti vyvíjet dodatečnou sílu. Držáky mají osazení pro boční vedení vidlice
- Spodní dosedací plocha: Zajišťuje stabilní uložení na podložce. Dva boční otvory mohou být použity pro aretaci stojánku.
- Krytky: Chrání odspodu vidlici kola proti poškrábání.



Obrázek 4 – Funkční části stojánku – horní pohled



Obrázek 5 – Funkční části stojánku – dolní pohled

2.2 Zadané parametry součástí

Materiál: Polypropylen homopolymer

Hlavní rozměry: 122x31x40

Hmotnost vylisku: 18g

Povrchová úprava: Na všech vnějších plochách vytvořena textura. Hloubka dle možností geometrie

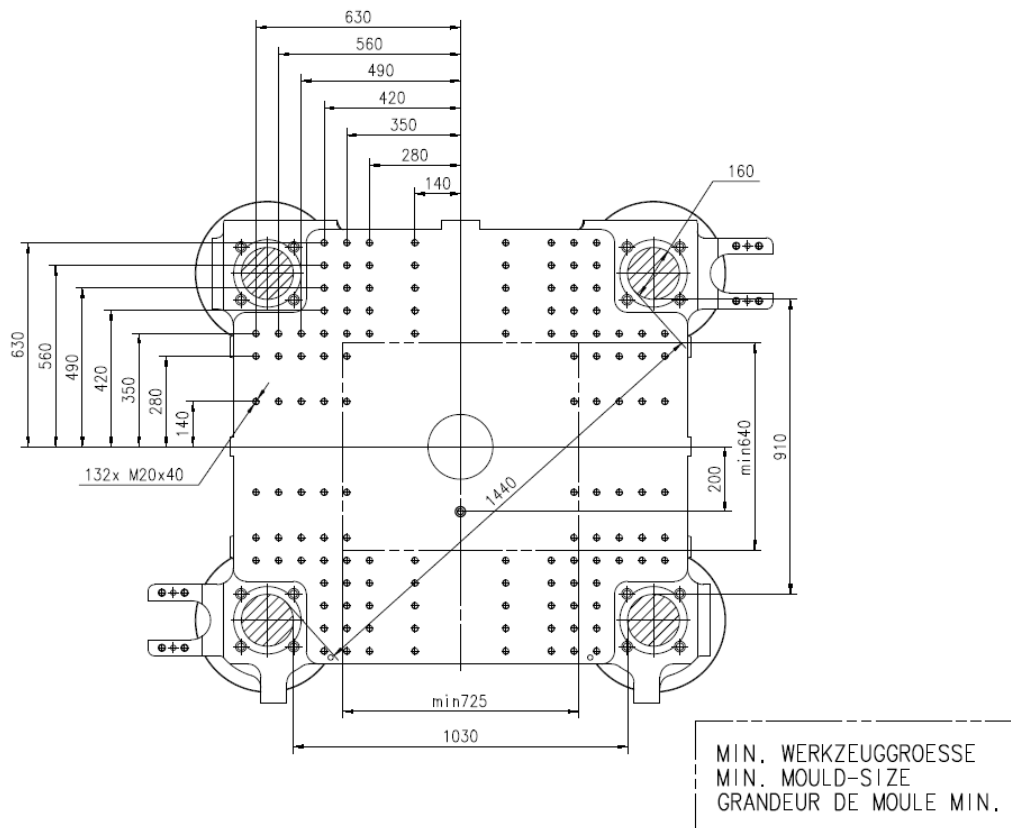
Sériovost: 2 000 ks v jedné dávce.

Celková minimální životnost formy: 500 000ks

Upevnění formy: Upínkami

Plánovaný vstřikovací stroj: Engel DUO 1800/600T

MACHINE TYPE		Engel DUO 1800.600T
SCREW POSITION / CLAMPING DIRECTION		Horizontal
SCREW DIAMETER	mm	60
SCREW STROKE	mm	270
Max. INJECTION CAPACITY	cm ³	763
SCREW SPEED	min. ⁻¹	226
L/D RATIO (3-ZONE SCREW)		20
INJECTION RATE (REGENERATIVE)	cm ³ /sec	283
INJECTION PRESSURE (REGENERATIVE)	bar	1960
INJECTION PRESSURE (MAX)	bar	2360
NOZZLE STROKE-NOZZLE CONT. PRESSURE	mm-Kn	500.110
HEATING WATTAGE	KW	25
HEATING ZONES INC. Nozzle		5
CLAMPING FORCE	Kn	600
OPENING STROKE	mm	1350
MOLD HEIGHT MIN-MAX	MM	400-950
TOTAL DAYLIGHT MAX.	mm	1750
PLATEN SIZE STANDARD HOR. x VER.	mm	1420x1370
ENLARGED PLATEN (WIDE PLATEN) h x v	mm	
DIST. BETWEEN TIE BARS HOR. x VER.	mm	1030x910
DROP OUT CHUTE WIDTH	mm	1000
MOLD WEIGHT MAX.	kg	9500
NUMBER OF MOLD COOLING CIRCUITS	#-x l/min	8x10
EJECTOR STROKE-EJECTOR FORCE	mm-kN	250.95
DRY CYCLE (EUROMAP 6)-STROKE	sec-mm	2,9.700
CENTERING RING - NOZZLE SIDE	mm	160
CENTERING RING - EJECTOR SIDE	mm	160
NUMBER OF AVAILABLE TEMPERATURE INPUTS		2
NUMBER OF AVAILABLE PRESSURE INPUTS		2
INJECTION SCREW NOZZLE FACE		R20/nozzle orific 4mm
MOLD EJECTOR CONNECTOR		By injection machine/ removable
FAST CLAMPING SYSTEM AVAILABILITY		Not strongly required, but we required max 15 min for
No. OF AVAILABLE HYDRAULICS CIRCUITS		2 move side + 2 fix side
No. OF AVAILABLE PNEUMATICS CIRCUITS		1 move side + 1 fix side



Tabulka 1 – Základní parametry vstřikovacího stroje ^[2]

3 Analýza součásti, možná rizika

Před návrhem samotné formy je nutné, v první řadě provést důkladnou analýzu součásti a určit kritické body. V úvahu musí být vzaty všechny požadavky kladené na součást. Z její geometrie, materiálu a předpokládaných vstřikovacích parametrů pak vyplývají opatření na formě, příp. návrh úprav dílu, které je pro dosažení požadovaného výsledku potřeba přijmout. Výsledky této analýzy se promítnou do návrhu koncepce, a následně i detailní konstrukce formy.

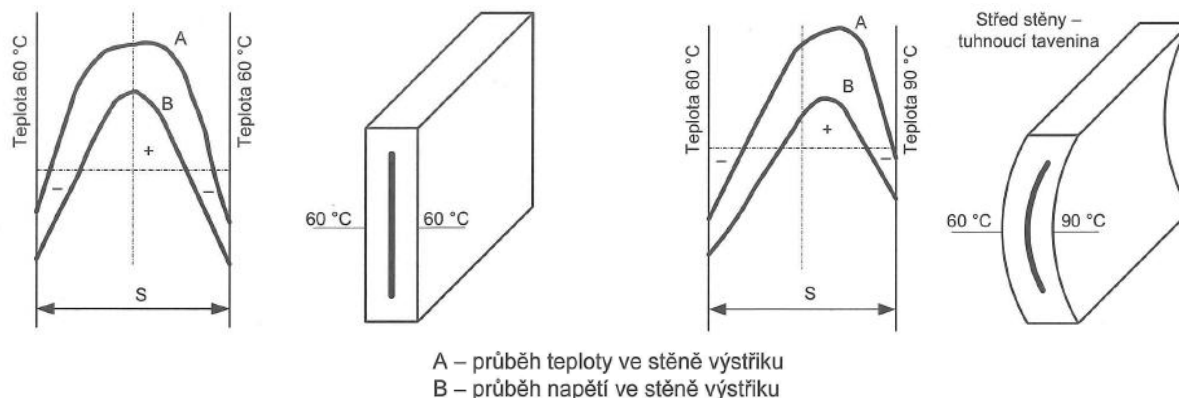
3.1 Deformace

Deformace dílu mohou být v zásadě způsobeny dvěma faktory: mechanicky (např. nevhodně zvoleným systémem vyhazování, uvíznutím prvků na odjíždějícím šíbru apod.), nebo nestejným objemovým smrštěním součásti.

Objemové smrštění je základní vlastnost všech plastů a dá se říci, že nejzásadnějším způsobem ovlivňuje všechny oblasti problematiky návrhu plastových dílů, forem, a výrobního procesu. ^[3] K nejlepšímu odhadnutí deformací dílu lze dojít pomocí počítačové simulace vstřikování, zahrnující (zejména u semikrystalických materiálů) chladicí okruhy.

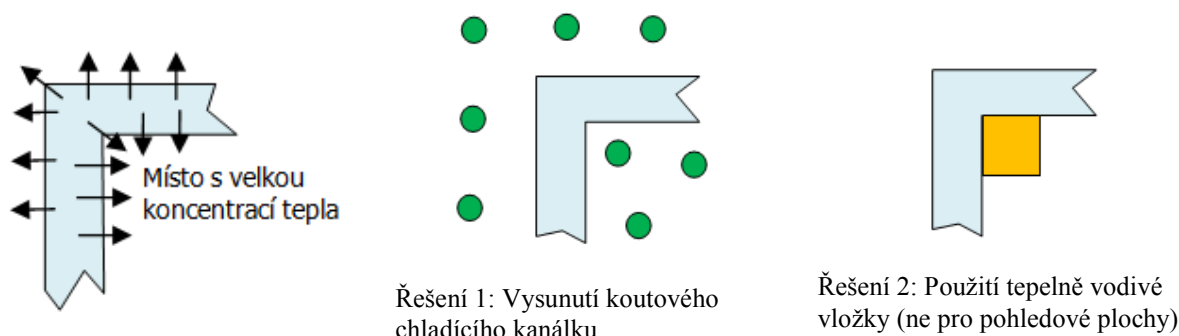
Hlavní faktory ovlivňující smrštění:

- **Délka dráhy toku taveniny:** Smrštění je ovlivněno velikostí dotlaku vyrovnávajícího ztráty objemu vyvolané smrštěním tuhnoucího materiálu a délkou jeho trvání. Velikost tlaku v tavenině se se vzdáleností od vtokového ústí zmenšuje a tím dochází k většímu smrštění. Pro omezení deformací je proto důležité navrhovat co nejkratší dráhy toku taveniny a dimenzovat vtoková ústí tak, aby nedocházelo k jejich zamrznutím v době, kdy se v dílu stále nacházejí tekutá jádra (průřez vtoku, vtokování do nejtlustšího místa, ...). V dílu také nesmí docházet k izolaci tekutých jader (distribuce materiálu během dotlaku může probíhat pouze taveninou). ^[4]
- **Chlazení:** Na velikost smrštění má vliv rychlost jeho ochlazení. Při rychlém chlazení dochází k menšímu smrštění než při pomalém. Stejně tak má vliv teplotního profilu stěny. Při rozdílné teplotě protilehlých stěn se gradient posouvá k jedné ze stěn, dochází k rozdílnému smrštění, pnutí ve stěně a deformaci. Chlazení výlisku proto musí být navrženo tak, aby se díl chladil rovnoměrně a rozdíl teplot na jednotlivých částech nebyl větší než 5°C. Rychlost chlazení má vliv na stupeň krystalizace materiálu. Na teplotu jsou proto citlivější semikrystalické materiály. ^[3]



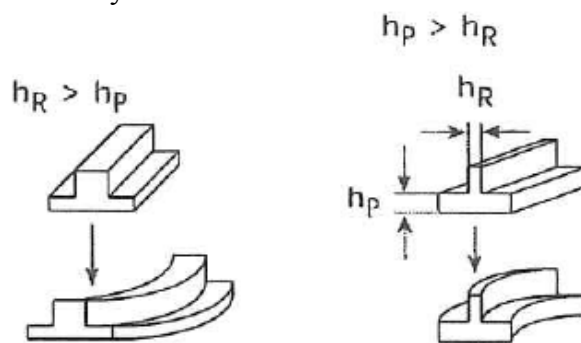
Obrázek 6 – Závislost deformace na teplotě stěn formy ^[3]

Speciálním případem deformace kvůli nestejněmu chladnutí jsou prohnutí okolo ostrých rohů součástí. K deformaci dochází jednak v důsledku koncentrace materiálu, jednak rozdílným odvodem tepla z vnitřního koutu (špatný) a vnějšího rohu.



Obrázek 7 – Chlazení ostrých koutů

- **Geometrie dílu:** Z konstrukčního hlediska je pro rovnoměrné smrštění (a tím omezení vnitřních pnutí a deformací) důležité, aby měl pokud možno konstantní tloušťku stěn. V tlustších stěnách dochází k většímu smrštění.^[3] Dále je důležité, umožnit plynulý tok materiálu. Díl by proto neměl být přerušován tenkým místy. Pokud to nelze, je vhodné použít více vtokových ústí.



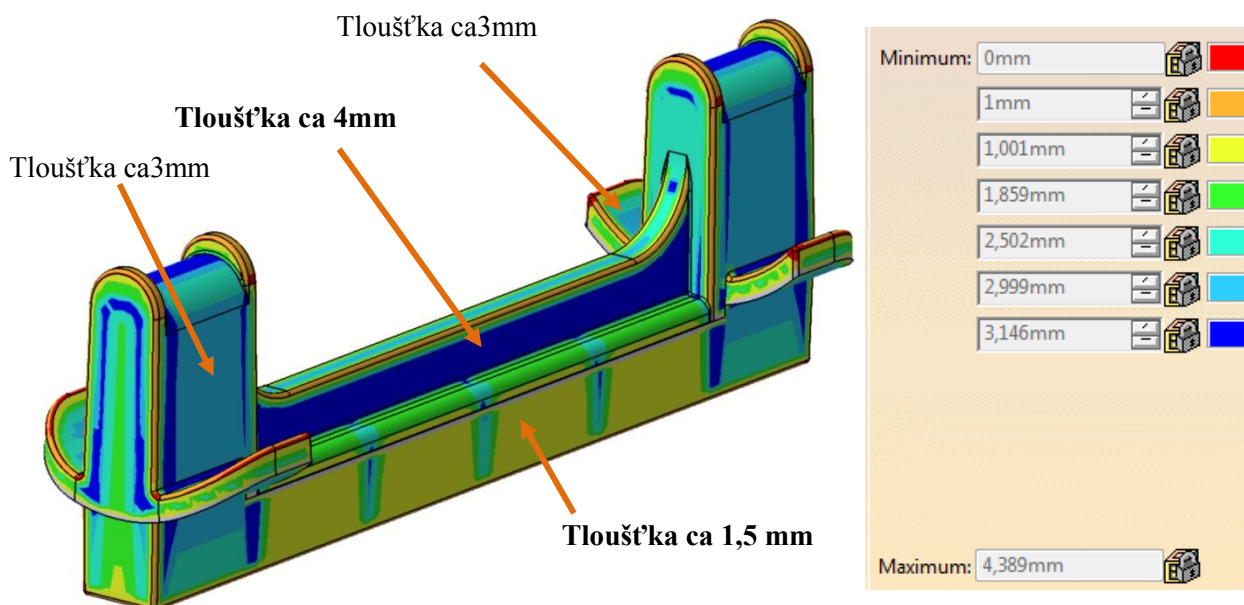
Obrázek 8 – Závislost deformace na tloušťce žeber^[3]

- **Orientace makromolekul:** V závislosti na vstřikovacích podmínkách (zejména teplota taveniny a rychlost vstřikování) může v součásti vznikat anizotropní smrštění podle směru toku taveniny. Anizotropie je též ovlivněna případnými vláknitými plnivy, typicky skelným vláknem^[4]. Anizotropie smrštění se objevuje zejména u semikrystalických materiálů. V tomto směru je odhad chování výstřiku obtížný, a prakticky možný pouze pomocí počítačové analýzy vstřikování.
- **Smykové napětí:** Díky rozdílné rychlosti proudění ve středu a při stěnách dutiny, vzniká mezi vrstvami taveniny tření. To je největší u stěn dutiny, kde je smyková rychlost (rozdíl v rychlosti proudění) největší. To způsobuje natažení makromolekul ve směru proudění a následně jejich větší smrštění než v jádru. Výsledkem je vznik vnitřních pnutí, která mohou způsobit deformace a povrchové vady materiálu. Smyková rychlost je častou příčinou vzniku deformací u amorfních materiálů. Ve formě vzniká v místech ztenčeného průřezu, okolo malých ústí vtoku apod.

Výsledná deformace součásti vznikne superpozicí všech zmíněných faktorů. Konečná deformace tak mnohdy může zdánlivě porušovat některé výše zmíněná pravidla, a u složitých aplikací být bez výroby vzorků, nebo aspoň důkladné počítačové analýzy tečení materiálu, téměř neodhalitelná.

3.1.1 Riziko deformací na výrobku

Zadaný díl má velmi nestejnou tloušťku stěn. Zvýšené riziko se dá očekávat u tlustého vyztužujícího žebra, zejména pak ve spojení s relativně tenkými stěnami těla podstavce (dosedací plocha). Dá se očekávat, že díl bude mít sklon k podélnému prohnutí.



Obrázek 9 – Tloušťky stěn součásti

Navrhované opatření v konstrukci dílu je, sjednotit tloušťku stěn na zhruba 3mm, což je přibližně střední hodnota tloušťek stěn aktuální součásti. Změnou tloušťek se celková tuhost součásti nijak významně nezmění.

Pokud by změna geometrie nebyla možná, dá se deformace částečně omezit pečlivým vybalancováním chladicí soustavy tak, aby se nejvíce chladilo vyztužné střední žebro. K úplnému odstranění deformace však v tomto případě konstrukcí formy dosáhnout nelze.

3.2 Rozměry

Na rozměry součásti mají vliv deformace dílu (viz. výše), smrštění, vstřikovací parametry, způsob zaformování apod. Dosažitelné přesnosti jsou popsány například v normě DIN 16901.

Pro správné určení kritických rozměrů by měl být vždy součástí zadávací dokumentace výkres.

Klíčové z pohledu formy je zejména správné určení smrštění dílu. To se liší nejen dle typu materiálu, ale i dle konkrétní značky. Objemové smrštění materiálu je vždy součástí materiálové specifikace výrobce. Vliv mají ale i faktory jako geometrie dílu, způsob

vtokování a vstřikovací parametry. Nejpresnější způsob určení smrštění je proto jeho změření na prototypovém dílu, případně součásti obdobného tvaru, velikosti, a vstřikovacích parametrů.

Přesnost rozměrů je dána i tím, zda se jedná o rozměry vázané formou – tzn. jsou dané jedním tvárníkem, nebo nevázané formou - t.j. jde o rozměry přes dělicí rovinu.

V případě velkých nároků na určitý obtížně dosažitelný rozměr je vhodné, udělat jej ve formě menší (či na dolní mezi tolerance) a dopředu počítat s optimalizační smyčkou, při níž bude rozměr doladěn dle skutečně dosaženého stavu.

3.2.1 Kritické rozměry na výrobku

U vyráběného dílu je nejdůležitější šířka stojánku, na který se naráží vidlice. Pro správnou funkci musí být zabezpečen dostatečný přesah s drážkou vidlice. Síla pro naražení ale nesmí být příliš velká. Vzhledem k tomu, že se jedná o krátký rozměr (cca 10mm), vázaný formou, lze zde dosáhnout přesnosti přibližně +/- 0,5mm,

3.3 Propady, lunkry

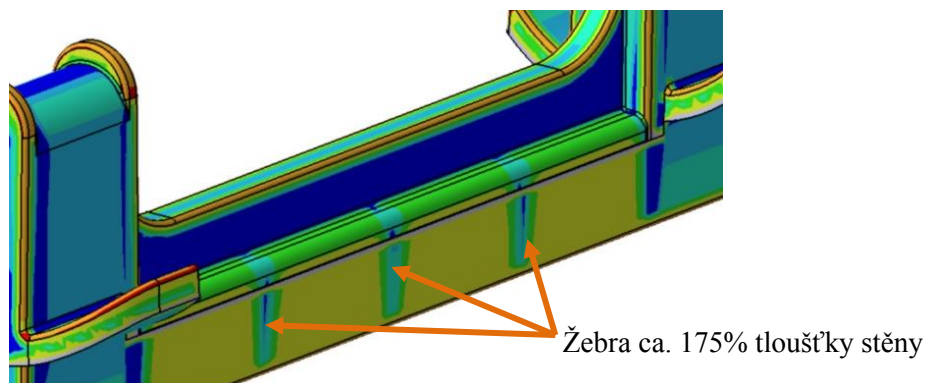
Vlivem většího objemového smrštění, vznikají v místech se velkou koncentrací materiálu propady, v horším případě pak tzv. lunkry (dutiny uvnitř materiálu). Propady jsou obvykle vady pouze kosmetického rázu. Lunkry citelně snižují pevnost daného místa.

Aby v součásti nevznikaly propady, neměla by být tloušťka žeber u amorfních materiálů větší než 65% tloušťky stěny, u semikrystalických pak 50%.

Z pohledu formy má na velikost propadů vliv vzdálenost daného místa od vtoku. Se zvětšující se vzdáleností roste i riziko vzniku propadů, příp. lunkrů. Umístěním vtoku do blízkosti místa s koncentrací materiálu, případně implementací „flowhelpů“ (kanálky ve výlisku, usnadňující proud taveniny), se dá velikost propadů omezit.

3.3.1 Riziko propadů na výrobku

Ve vyráběné součásti se dá předpokládat vznik propadů zejména v místech napojení žebrování těla stojánku. Jako opatření lze pouze navrhnout zvětšení tloušťky stěny stojánku a zmenšení tloušťky žebrování. Vzhledem k tomu že nejde o pohledový díl, lze v tomto případě vznik propadů tolerovat.



Obrázek 10 – Pravděpodobná místa vzniku propadů

3.4 Studené spoje

Studené spoje vznikají v místech, kde se spojí dvě čela taveniny. Studený spoj je jak estetická, tak i mechanická (zmenšená pevnost) vada. Studené spoje vznikají vždy za otvory a při použití více vtoků. V závislosti na plnění dutiny mohou vnikat též v oblastech hlubokých vybrání, drážek, a „předbíhající se taveninou“.^[5]

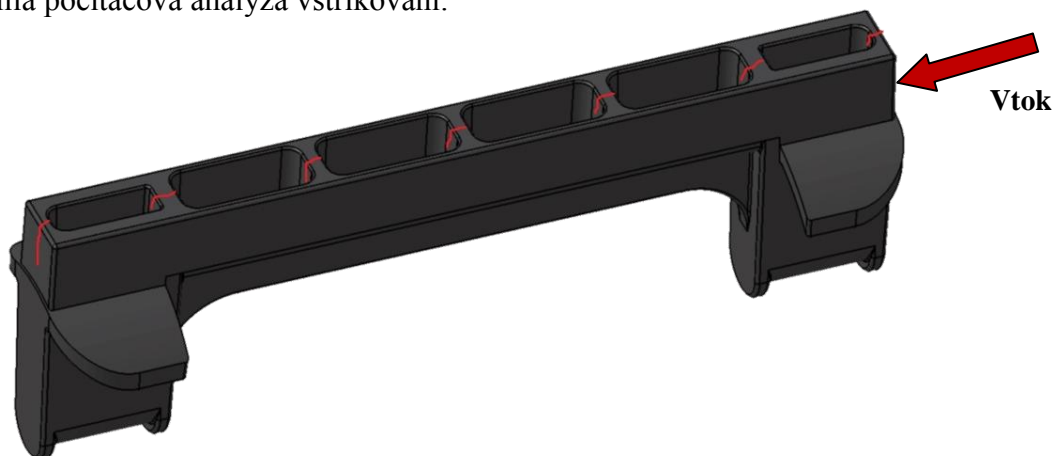
Poloha studených spojů je dána zejména umístěním vtoků, a geometrií dílu, resp. Tloušťkami stěn, kterými se šíří tavenina.^[5]

Viditelnost studených spojů a zmenšení pevnosti se dá omezit zejména:^[3]

- Vzdáleností od vtoku (čelo taveniny nestihne tolik zchladnout)
- Počtem vtoků - použitím více vtoků dojde ke zvýšení počtu spojů, ty ale nebudou tolik výrazné
- Temperací formy (vyšší teplotou se studené spoje tzv. „vyžehlí“)
- Odvzdušněním v místě studených spojů – uzavíraný vzduch brání kvalitnímu spojení čel taveniny. Nejlepších výsledků se dojde použitím vakua.
- Materiálem a vstřikovacími parametry – záleží zejména na viskozitě, tlaku a rychlosti vstřiku
- Použitím plniv (plniva studené spoje zhoršují)
- Zavedením přetokové jamky

3.4.1 Riziko studených spojů na výrobku

Na vyráběné součásti hrozí, v závislosti na zvolené poloze vtoku, studený spoj v horních částech žebrování. Pravděpodobnost vzniku studených spojů a jejich polohu by nejlépe odhalila počítačová analýza vstřikování.

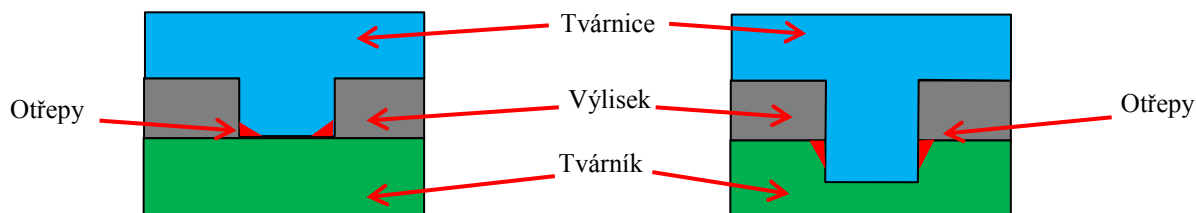


Obrázek 11 – Možná místa vzniku studených spojů v případě vtokování do nejkratší stěny

3.5 Otřepy

Otřepy vznikají zejména v místech dělicí roviny a okolo vyhazovačů. Jejich velikost lze ovlivnit pouze důkladným slícováním tvárníků a konstrukcí dílu, umožňující co možná nejjednodušší geometrický tvar dělicí roviny (ideálně přímkový). V dělicí rovině vždy vznikne přinejmenším ostrá hrana. Případné otřepy se s časem zvětšují tak, jak postupuje opotřebení formy.

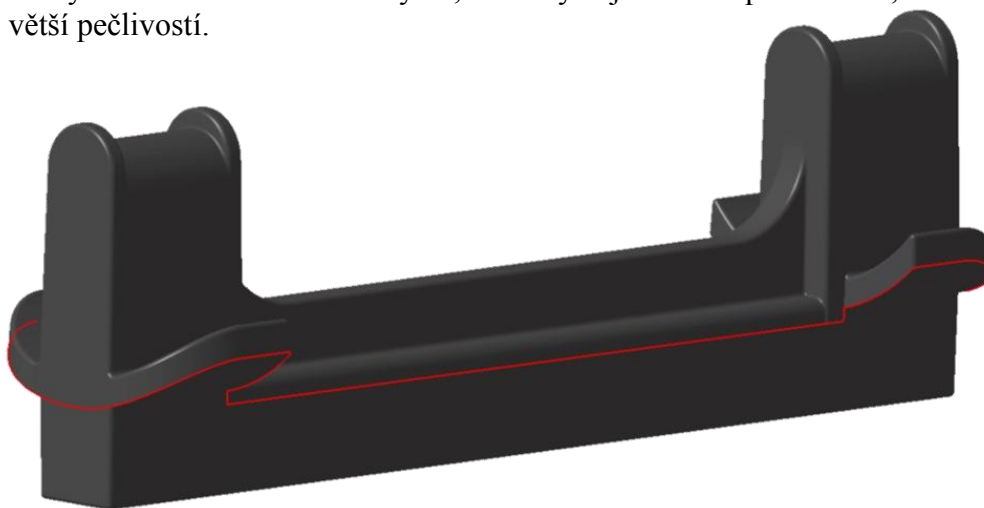
Konstrukce dílu často vyžaduje, aby otřep vznikl pouze v určitém směru. Při konstrukci formy a volby dělicích rovin by proto vždy mělo být zohledněna funkce vyráběného dílu.



Obrázek 12 – Možnosti zaformování otvoru a vyplývající směry otřepů

3.5.1 Riziko otřepů na výrobku

Na zadaném dílu je již dělení nástroje patrné. Dělení dílu je geometricky jednoduché a z pohledu formy vhodné. Pouze oblast krytek, na kterých jde dělení po oblouku, musí být lícovaná s větší pečlivostí.



Obrázek 13 – Dělicí kontura na vyráběné součástce

3.6 Dezén

Dezén je struktura vytvořená na povrchu součásti. Ve formě jí lze realizovat několika způsoby:

- Elektroerozivním obráběním (jiskřením)
- Chemicky (leptáním)
- Speciálními způsoby (např. pískování, gravírování, chromování apod.)

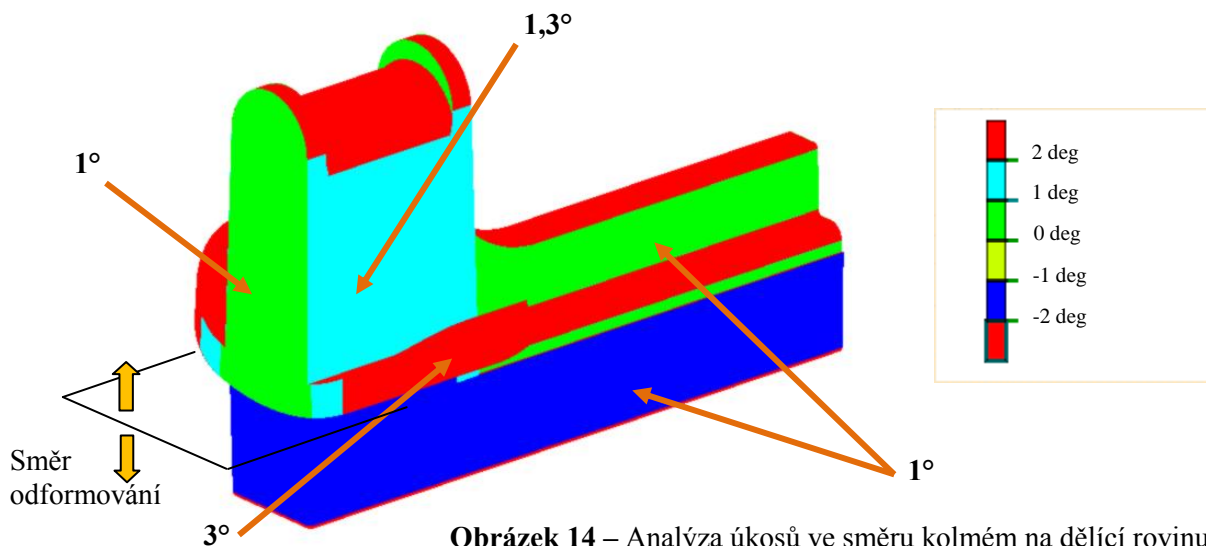
Přípustná hrubost (hloubka) dezénu na bočních stěnách je dána velikostí úkosů. Použití hrubšího než přípustného dezénu způsobuje jeho škrábání, vážnutí výstřiku ve formě apod. Odformovatelný úkos závisí na poloze stěny (vnitřní vyžadují až trojnásobný úhel než vnější), předpokládaných deformacích a vstříkovaném materiálu (jeho viskozita a plniva).

Kvalita povrchu je ovlivněna vzdáleností od vtoku, rovnoměrností tloušťek stěn atd.

Pro rovnoměrnou strukturu je důležité, použít na tvárník materiál s jemnozrnnou, homogenní strukturou bez vměstků.

3.6.1 Dezén na výrobku

Vyráběná součást má mít na texturu vnějších plochách, bez zvláštních nároků na jeho kvalitu (lze akceptovat určitou míru vad – škrábanců). Vnitřní plochy mohou být provedeny s technickým leskem. Dezén na vyráběné součásti bude vyroben elektroerozivní metodou, dle normy VDI 3400. Dle této normy, se zohledněním požadavků na kvalitu povrchu, je nejhrubší bezpečný dezén přibližně stupeň 30.

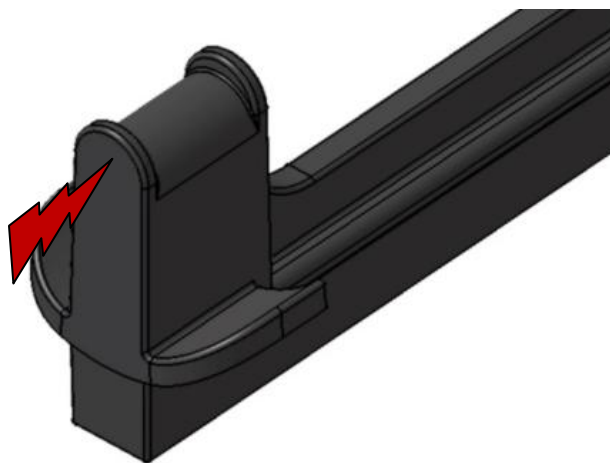


3.7 Nedostříknutí dílu

Nedostříknutí dílu je dáno velkou tlakovou ztrátou v dutině (délkou dráhy taveniny, tvarem součásti), nedostatečně dimenzovaným vtokem, nebo nedostatečným odvzdušněním. Nebezpečí nedostříknutí lze odhadnout pomocí počítačové analýzy vstříkování. Pokud mu není možné zabránit dimenzováním vtoku, je nutné zvýšit jejich počet. ^[3]

3.8.1 Riziko nedostříknutí na výrobku

Stojánek je relativně malý díl s velkou tloušťkou stěn. Pravděpodobnost nedostříknutí z důvodu nevhodného umístění vtoku je velmi malá, při jakémoliv jeho poloze. Horní část držáku lze nicméně obtížně odvzdušnit. To může vést k viditelné stopě po uzavření vzduchu, v horším případě bublině a spálení materiálu (diesel efekt).



Obrázek 15 – Místo obtížného odvzdušnění

3.8 Vliv na ekonomiku vstřikovacího procesu

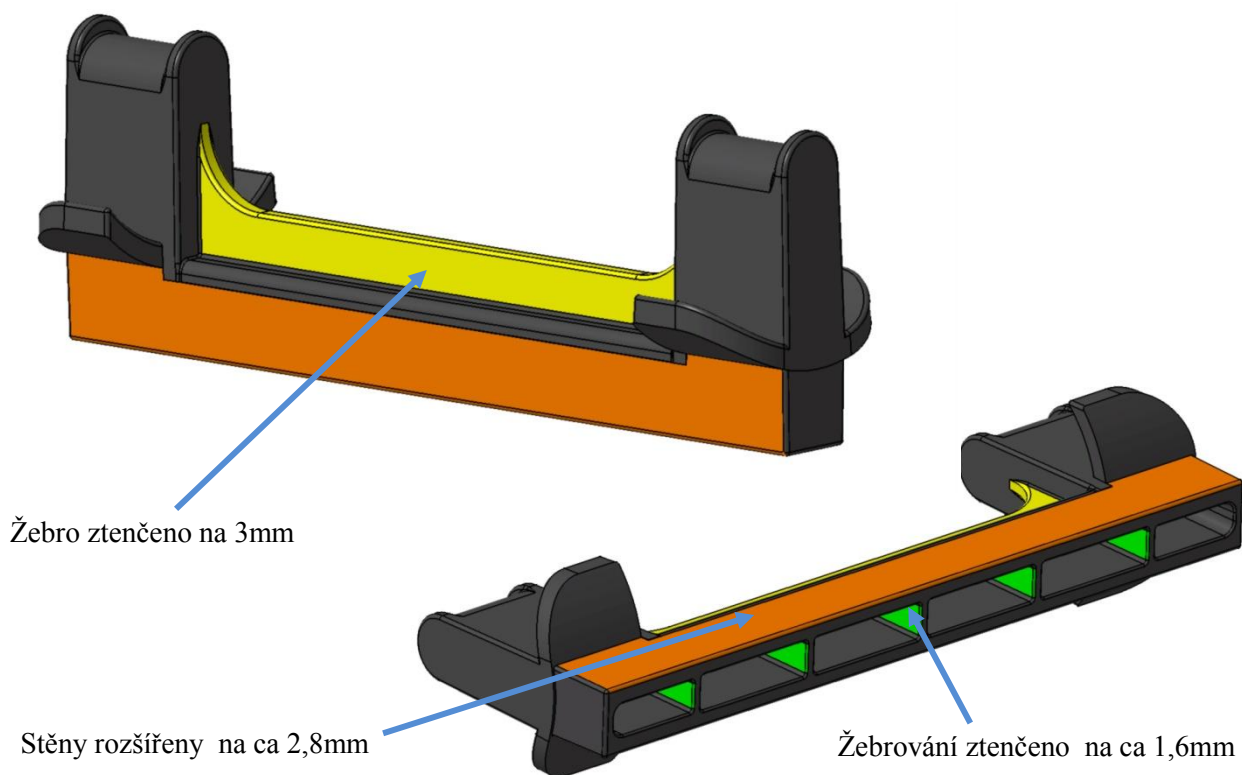
Ekonomičnost procesu je jedním z nejdůležitějších parametrů výroby plastových výrobků. Jeho důležitost roste s vyráběným množstvím.

Forma ekonomiku vstřikování ovlivňuje zejména dosažitelným časem – nejvíce pak délkou chlazení. Dále pak množstvím vznikajícího odpadu (délka vtokové soustavy / použití horkých vtoků), nebo energetickou náročností formy.

Vzhledem k tomu, že se nejedná o součást s vysokými nároky na vzhled, či mechanické vlastnosti, lze zbytky po vtokové soustavě recyklovat (regranulát).

3.10 Shrnutí vyhodnocení součásti

Kvůli omezení deformace a propadů bylo navrženo sjednocení tloušťky hlavních stěn. Žebrování bylo přizpůsobeno tak, aby nedocházelo ke vzniku propadů. Na takto upravený díl bude forma konstruovaná. Vtok je vhodné umístit do středu součásti. Vzhledem k nízkým požadavkům na kvalitu výlisku ale ne nezbytné. Stejně tak není nutné zavádět speciální chlazení. Směr otřepů na dělicí rovině není nijak definován. Ta proto bude uzpůsobena pro nejvhodnější lícování tvárníků. Problematické může být odvzdušnění některých míst.



Obrázek 16 – Změny v konstrukci stojánku

4 KONCEPCE FORMY

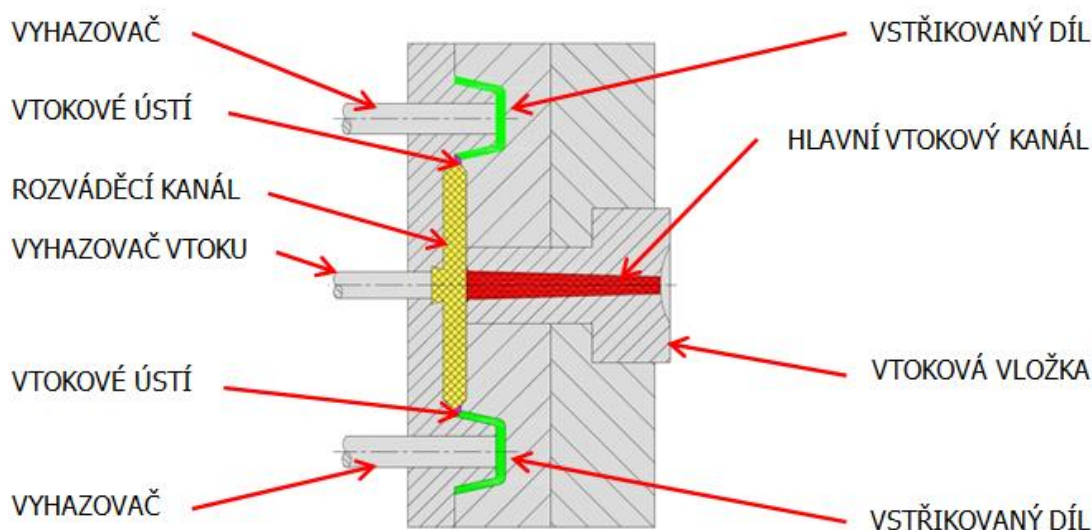
Před započítáním detailní konstrukce formy je potřeba určit základní koncepci formy. Tj. základní systém vtokování, zaformování, násobnost formy a její rozvržení, způsob vyhazování dílu a jeho chlazení.

Do úvahy musí být vzaty jak poznatky z analýzy vyráběné součásti (viz. předchozí kapitola), tak i předpokládaný vstřikovací stroj a související technologie (např. vyjímání vylisku ze pracovního stroje apod.), předpokládaný objem výroby, a v neposlední řadě vliv konstrukce formy na cenu výrobku. Nejlevnější forma neznamená zdaleka vždy také nejlepší ekonomičnost výrobku.

4.1 Systém vtokování

Pro vtok lze použít dva systémy: Studený rozvod, nebo horký rozvod. Oba způsoby lze kombinovat, například u vícevtokových vylisků s několika vtokovými ústími.

Studený rozvod^[4]: Nejčastěji používaný typ rozvodu taveniny. Roztavený plast je z trysky vpravován do hlavního vtokového kanálu, ze kterého je vedlejšími kanály rozváděn k vtokovým ústím. Vedlejší kanály jsou nejčastěji vedeny v hlavní dělicí rovině. Při použití třídeskové formy vedou kanály v rovině paralelní s hlavní dělicí rovinou. To umožňuje větší variabilitu umístění vtokových ústí, ale vyžaduje složitější formu.



Obrázek 17 – Schéma studeného vtoku^[1]

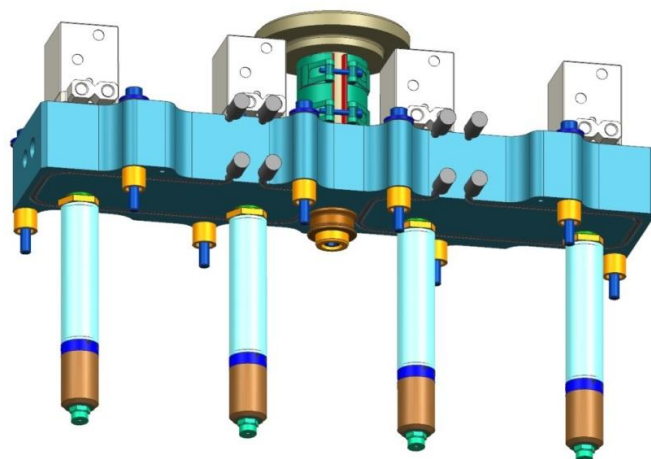
Výhody:

- Jednoduchá výroba
- Jednoduchá údržba

Nevýhody:

- Vtokový zbytek zvětšuje spotřebu materiálu. Ten musí být zlikvidován, případně recyklován
- Větší nutná uzavírací síla stroje
- Nutnost oddělování vtokového zbytku

Horký rozvod^[4]: Tavenina je do vtokového ústí rozváděna vyhřívanými kanály. Nedochází tak ke ztrátě teploty taveniny ještě před vtokem. Bloky horkých rozvodů jsou vyráběny specializovanými firmami.



Obrázek 18 – Blok horkých trysek ^[1]

Výhody:

- Díky udržení teploty taveniny lze dosáhnout lepšího plnění dutiny
- Možnost postupného otvírání vtoků
- Nezůstávají vtokové zbytky – menší spotřeba materiálu, odpadá nutnost oddělovat zbytky a manipulovat s nimi

Nevýhody:

- Vyšší cena
- Připojení na energie
- Nákladná údržba
- Změna polohy vtoku velice komplikovaná, vyžaduje prakticky výrobu nového rozvodu
- Nevhodné pro některé typy materiálů
- Zástavbové rozměry

4.1.1 Volba systému vtokování

Vzhledem k relativně nízkým nárokům na kvalitu provedení vylisku, je základním kritériem pro návrh formy její cena a konečné náklady na jeden výstřik. Velikost a geometrie dílu umožňuje vtokování do jednoho místa, bez velkého rizika nesprávného plnění dílu. Na dílu není požadován perfektní vzhled či mechanické vlastnosti. V procesu lze proto použít regranulátu (opětovné rozemletí a vstříknutí vtokového zbytku).

Systém vtokování je zvolen studeným rozvodem.

4.2 Násobnost formy

Faktory, ovlivňující volbu počtu dutin se dá rozdělit do dvou oblastí:

Technická: Forma musí vyhovovat stroji, na kterém bude pracovat. Násobnost formy ovlivňuje její velikost, množství dávky materiálu v jednom zdvihu a sílu, kterou forma při vstříku vyvíjí na rám stroje.

Při volbě počtu kavit se proto musí zohlednit:

- Minimální a maximální možné rozměry formy
- Objem možné dávky plastu
- Uzavírací síla stroje
- Chladicí výkon stroje

Provozně-ekonomická: Pro konstrukci nástroje je zásadní, jakým způsobem se její cena promítne do ceny součástky. Důležitý je i požadovaný takt formy – vyrobené množství za daný čas.

Výrobní cena vstříku se skládá zejména z těchto složek:

- Cena materiálu: Objem materiálu vstříkovaného do dutiny je nezávislý na jejich počtu. Do ceny materiálu je ale nutné započítat i materiál, který zůstane ve studeném rozvodovém systému. Jeho poměr k objemu dutin je odvislý od rozvržení kanálů a v každé aplikaci se může lišit. V případě že je zbytek po vtokovém systému recyklován, musí se počítat cena za jeho zpracování (rozemletí apod.)
- Cena nástroje: Čím více je ve formě dutin, tím je i dražší nástroj je. S rostoucím množstvím vyráběných součástí vliv ceny formy klesá (je rozpuštěna ve větším počtu dílů). Do ceny nástroje je nutné započítat i náklady na její údržbu a opravy.
- Provoz vstříkovacího stroje: Důležitým faktorem jsou provozní náklady stroje. Čím je stroj větší a sofistikovanější, tím bývá jeho provoz dražší. Výsledné náklady promítnuté do jednotkové ceny dílu jsou tak nepřímě úměrné množství dutin (taktu stroje). Do nákladů se počítá nejen samotný strojní čas, ale také doba na výměnu nástroje, údržba atd.

4.2.1 Volba počtu dutin

Vzhledem k velikosti stroje, se budou do výsledné ceny dílu výrazně promítat náklady na jeho provoz. Pro to by mohlo být vhodnější, volit spíše větší počet dutin. Proti tomu jde ovšem relativně malý objem výroby. V tomto ohledu nemám k dispozici dostatečná data, proto ekonomické hledisko pominu.

Jelikož je vstříkovací stroj vzhledem k velikosti součásti výrazně předimenzován, vycházím zejména z minimálního možného rozměru formy tak, aby došlo k co nejlepšímu využití prostoru.

Základní rozměry nástroje

Ze specifikace stroje vyplývá, že jeden z rozměrů upínací desky (šířka-výška) musí být větší než 725x640mm. Desky nástroje a normalizované prvky vybírám z katalogu f. HASCO. Základní rozměr nástroje volím 546x546mm, z čehož vyplývá rozměr upínací desky 546x646mm.

Tvarové dutiny mohou být rozmístěny pouze do prostoru vymezenému vyhazovacím paketem, přičemž nesmí zasahovat nad jeho okraje a upevňovací a vodící prvky. Standardní rozměr vyhazovacího paketu pro zvolené desky formy je 418x546mm.

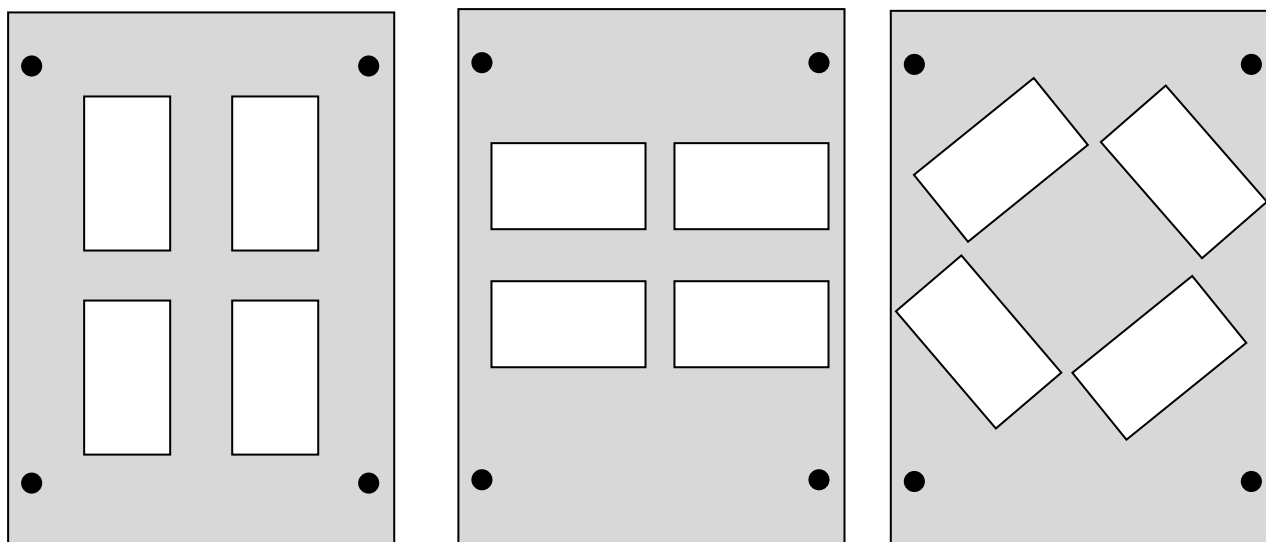
Možná rozvržení dutin

Při úvaze nad rozvržením otisků je nutné vzít v potaz nejen plochu zabíranou samotným otiskem, ale i dostatečný prostor pro jeho chladicí kanály, vtokový systém, dosedací plochy atd. Ve formě bude použito tvarových vložek. Rozměr vložky bude – po zvážení výše popsaných okolností – přibližně 180x100mm.

Tyto vložky lze ve formě rozmístit několika možnými způsoby:

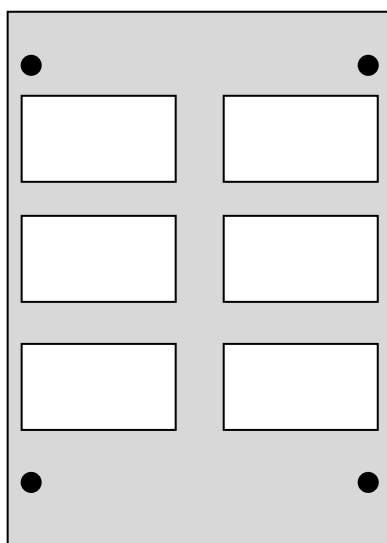
Jedno, dvou a troj otiskové řešení je neefektivní z pohledu využití prostoru ve formě.

Čtyř otisková varianta nechává dostatečný prostor pro všechny technologické prvky formy, umožňuje rovnoměrné plnění všech dutin. Využití prostoru přijatelné, byť ne optimální



Obrázek 19 – Některé z možností čtyř otiskového rozložení

Šesti otisková varianta pokrývá možný prostor takřka beze zbytku. Neumožňuje ovšem vtokování všech otisků stejně dlouhými rozvodovými kanály. Vybalancování vtokové soustavy tak, aby docházelo k rovnoměrnému plnění všech dutin je krajně obtížné.



Obrázek 20 – Šesti otiskové rozložení

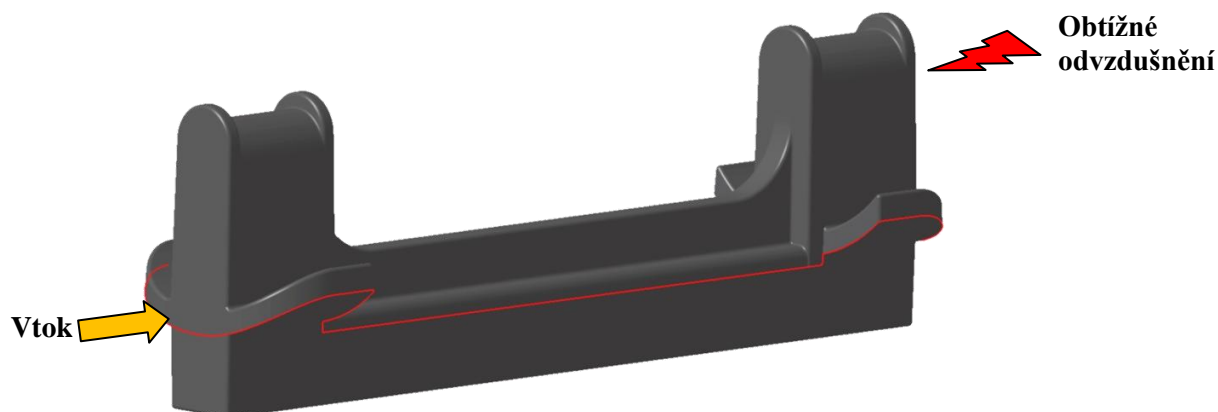
Formu volím jako čtyřnásobnou.

4.3 Volba umístění vtokového ústí a jeho typu

4.3.1 Umístění ústí vtoku

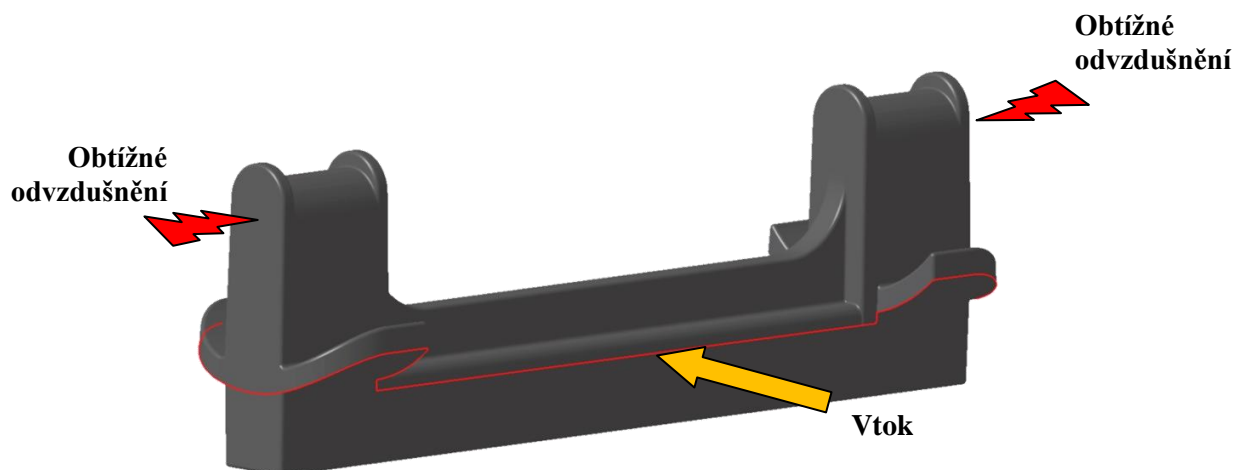
Umístění vtokového ústí a jejich počet zásadně ovlivňuje způsob plnění dutiny a výslednou kvalitu dílu. Na zadanou součást bude vzhledem k její velikosti umístěn jeden vtok. Jeho polohu mezi dvěma variantami:

Vtokování ze strany: Umožňuje použití nejkratšího rozvodu taveniny. Vzhledem k průběhu plnění vzniká nebezpečí nedostatečného odvzdušnění pouze na straně opačné od vtoku. Na druhou stranu je díl plněn nesymetricky. Je proto náchylnější k deformacím a odlišným rozměrům držáku vidlice.



Obrázek 21 – Vtok ze strany

Vtokování do středu: Umístěním vtoku do středu se dosáhne symetrického plnění dutiny. Také dráha vtoku je ze všech variant nejkratší. Proto v díle dojde k nejmenšímu tlakovému spádu. Díl tak bude nejméně náchylný k deformacím. Nevýhodou vtokování na střed je obtížné odvzdušnění na obou stranách dutiny. Také rozvod taveniny bude o něco delší.



Obrázek 22 – Vtok na střed

Důležitým parametrem při volbě umístění (a počtu) vtoku je poměr nejdelší tokové dráhy s tloušťkou stěny. Ten je u daného dílu malý, proto by z pohledu plnění nebyl problém s jakýmkoliv umístěním. U semikrystalických materiálů a materiálů plněných vláknitými plnivými má navíc na konečnou deformaci vliv anizotropie jejich smrštění. Někdy proto může být vhodnější, plnit díl z jednoho konce na druhý.

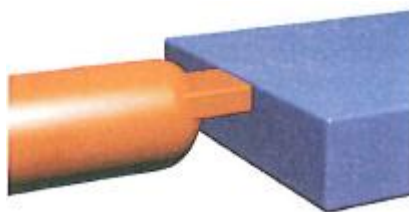
Ideální umístění vtoku lze určit pomocí počítačové simulace vstřikováním.

Volím variantu druhou – do středu součásti.

4.3.2 Typ vtokového ústí

Typů vtokového ústí je celá řada, např. bodový, filmový, tunelový, banánový, prstencový apod. Pro součást dané geometrie, typu formy a polohu vtoku přicházejí v úvahu v zásadě tři typy vtokového ústí:

Bodový v dělicí rovině: Nejjednodušší typ vtoku. Rozvodový kanál ústí přes zúžené místo přímo do dutiny. Nevýhodou (v některých případech ale naopak vlastností žádanou) je nutnost oddělovat díl od vtokové soustavy odlomením, ustřížením, odfrézováním, či podobně.



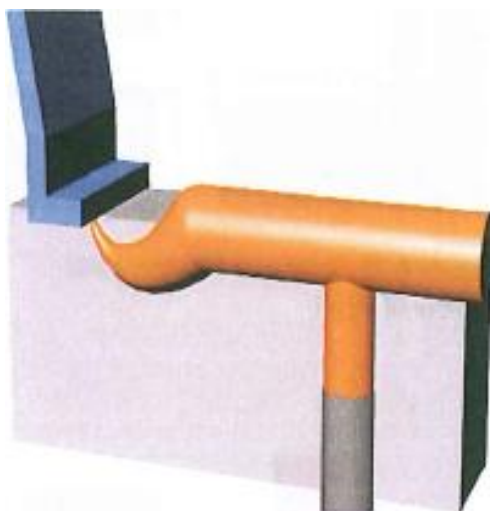
Obrázek 23 – Vtok v dělicí rovině ^[4]

Tunelový vtok: Jeden z nejběžnějších typů vtoku. Vtokové ústí je zahlobeno v tvárníku. Při vyhození dílu dojde k automatickému ustřížení vtoku. Nevýhodou je omezená možnost ladění průměru ústí. Velký průměr může znesnadňovat oddělení vtoku od dílu, či způsobovat jeho poškození (vytržení části materiálu). Malý průměr zase může způsobovat přepalování materiálu či předčasné zamrznutí vtoku.



Obrázek 24 – Tunelový vtok ^[4]

Banánový vtok: Je obdobou tunelového vtoku se všemi jeho výhodami i nevýhodami. Oproti němu má větší variabilitu umístění ústí (např. do spodní plochy, za stěnu apod.). Vyrábí se jako normálie. Další nevýhodou je větší prostorová náročnost. V jeho blízkosti musí být umístěn vyhazovač.



Obrázek 25 – Banánový vtok [4]

Volím tunelový vtok

4.4 Vyhazovací systém

Vyhazovací systém musí zajistit bezproblémové vyhození vylisku a vtokového systému z formy. Jeho provedení musí být provedeno tak, aby při vyhození nedocházelo k zdeformování, či poškození (např. propíchnutí) dílu, který je v ten okamžik obvykle ještě relativně měkký a tvárný. Síla potřebná pro vyhození by měla být co nejvíce rozprostřena po celé ploše dílu.

Vyhazovací mechanismus se obvykle umísťuje na pohyblivou stranu formy a bývá ovládán pohyby vstřikovacího stroje. Při hydraulickém či pneumatickém ovládní vyhazování ovšem může být umístěn i na pevnou část formy.

Vyhazovací systém může být proveden několika způsoby:

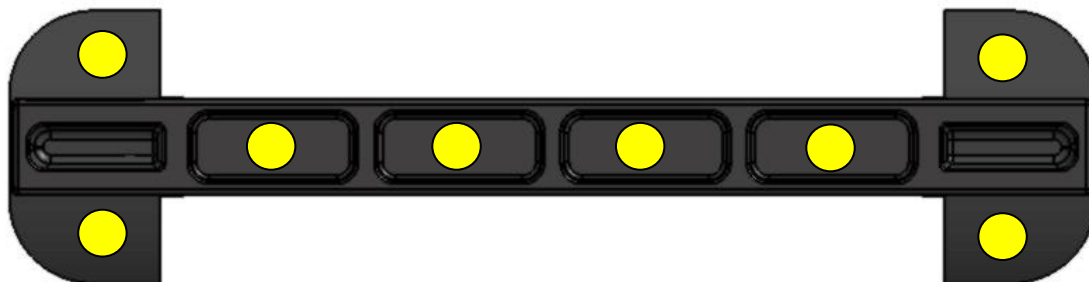
- Vyhazovacími kolíky (válcové, trubkové, ploché, tvarové)
- Stírací deska
- Speciální způsoby (např. pneumaticky, hydraulicky, vytáčení formy,...)
- Ručně (u některých prototypových forem)

Vyhazovací systém může být i dvoučinný, pomocí šikmých či pružných vyhazovačů lze na součásti vytvářet menší podkosové plochy.

Zpětný pohyb vyhazovacího mechanismu a zajištění jeho polohy je obvykle zabezpečen vratnými kolíky, což bývají kulaté vyhazovací kolíky umístěné vně tvarové dutiny.

4.4.1 Volba způsobu vyhazování

Pro danou součást je nejjednodušší použít klasický způsob vyhazování – pomocí kulatých vyhazovacích kolíků, umístěných do vybrání ve spodní dosedací ploše a na spodní stranu krytek.



Obrázek 26 – Rozmístění vyhazovačů

4.5 Temperace

Temperační systém formy zajišťuje efektivní a rovnoměrné chladnutí výrobku. Rovnoměrnost chladnutí je důležitá pro zabránění vzniku deformací a pohledových vad. Rychlost chlazení má výrazný vliv na délku vstřikovacího cyklu a tím i na cenu výrobku (z operací vstřik-chlazení-vyhození-strojní posuny zabírá obvykle nejdelší časový úsek).

Temperační systém nemusí pouze zajišťovat chladnutí výrobku, ale i předehtívání formy na požadovanou teplotu (pokud je vyšší než teplota při vyhození).

Temperace může být:

- 1) Pasivní
 - Odvádění tepla masou formy, příp. vložkami ze speciálních teplovodivých materiálů (např. Beryliové bronzy)
 - Izolační desky (pro udržení formy v provozní teplotě)
- 2) Aktivní
 - Pomocí teplovodního media (voda, glykol, olej, pára)
 - Speciální způsoby, např. topnými články, infrazářičem,...

Chladící medium je ve formě rozvedeno pomocí kanálků, které jsou buď vrtané, soustružené po obvodu speciálních vložek, či v případě konformního chlazení vyrobeny spékáním prášků, pájením destiček apod. K přivedení chladiva ke špatně přístupným částem dutiny se používají fontánky, spirálová jádra atd.

Chladící okruhy by měly být navrženy tak, aby byla celá dutina chlazená rovnoměrně (rozdíl teplot na povrchu by neměl přesahovat 3°C) a aby byly všechny dutiny chlazené stejně (nebo co nejméně rozdílně) teplým mediem.

4.4.1 Volba způsobu temperace

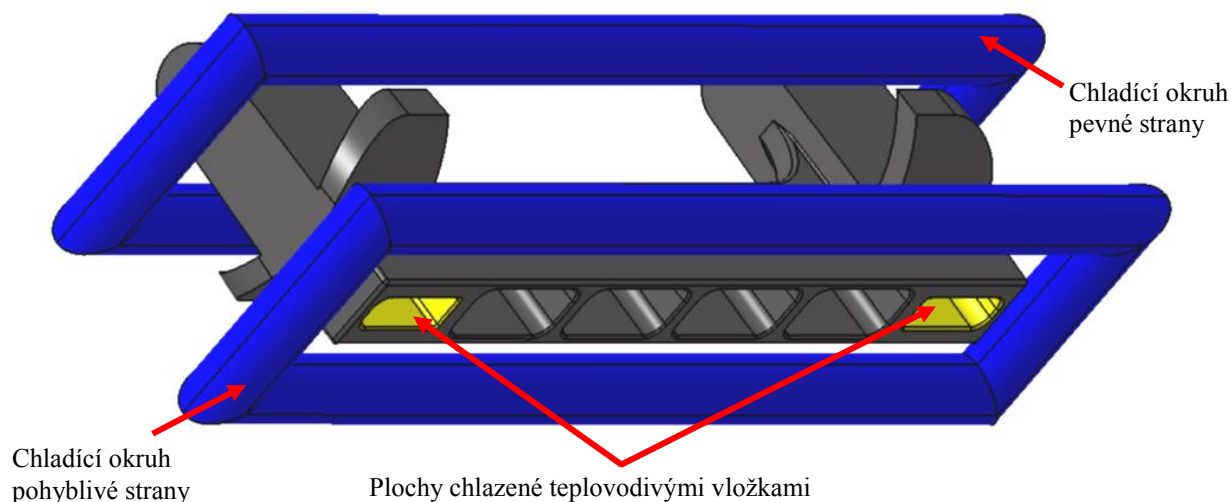
Na formě budou použity dva temperanční prvky:

- Izolační desky na dosedacích plochách upínacích desek
- Aktivní chlazení pomocí vody

Chladicí kanálky budou vrtané. Průměr kanálků volím vzhledem k relativně malé velikosti součásti a velkému chladicímu výkonu stroje 8mm. Dutiny budou po dvou zapojeny do dvou chladicích okruhů. Zátky budou standardní, se závitem M9. Zátky tohoto průměru jsou vyvinuty speciálně pro vrtání průměru 8, což zkracuje dobu jeho výroby.

Výkon chladicích okruhů a jeho dostatečnost by byla nejlépe určena pomocí počítačové simulace vstříkování.

Pro lepší chlazení problematických hlubokých vybrání v držáku vidlice budou použity teplovodivé vložky z beryliového bronzu. Ty musí být přímo omývány chladicí látkou, jinak hrozí, že budou naopak působit jako koncentrátoři tepla.



Obrázek 27 – Koncepce chlazení výstřiku

5 VLASTNÍ KONSTRUKCE FORMY

Po určení základního konceptu formy, tj. volbě počtu dutin, způsobu vtokování, chlazení a vyhození, lze přikročit k vlastní konstrukci formy.

K výrobě formy budou v maximální možné míře použity normalizované díly firmy Hasco. To má několik nezpochybnitelných výhod: Konstrukce a výroba formy se výrazně zlevní, a u použitých součástí je zaručena jejich funkčnost pro dané použití.

5.1 Rám formy

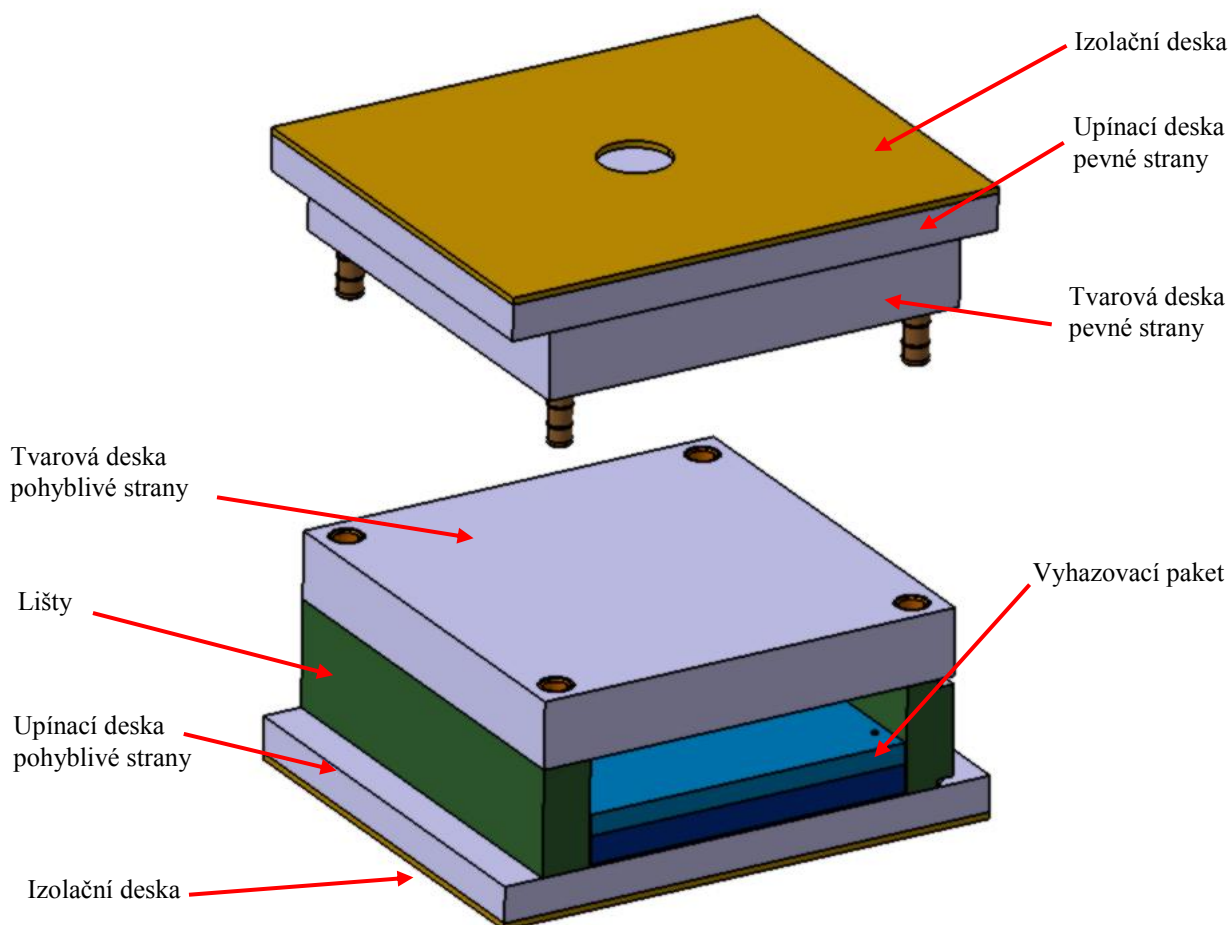
V prvním kroku se určí desky formy a sestaví základní rám nástroje.

Použity budou desky pro základní rozměr nástroje 546x546mm. Rám formy bude s jednou dělicí rovinou, bez opěrných desek.

Tloušťka tvarových desek musí být zvolena tak, aby do nich bylo možno zabudovat tvárníky, při zachování tuhosti desek. Hloubka tvarových vložek bude cca 40mm. Tloušťku tvarových desek tak volím 86mm pro pevnou i pohyblivou stranu.

Ze specifikace stroje vyplývá minimální výška nástroje 400mm. Výška lišt je tak zvolena 136mm, která je větší, než by bylo nutné pro chod vyhazovacího paketu. Výsledná výška nástroje je 417mm.

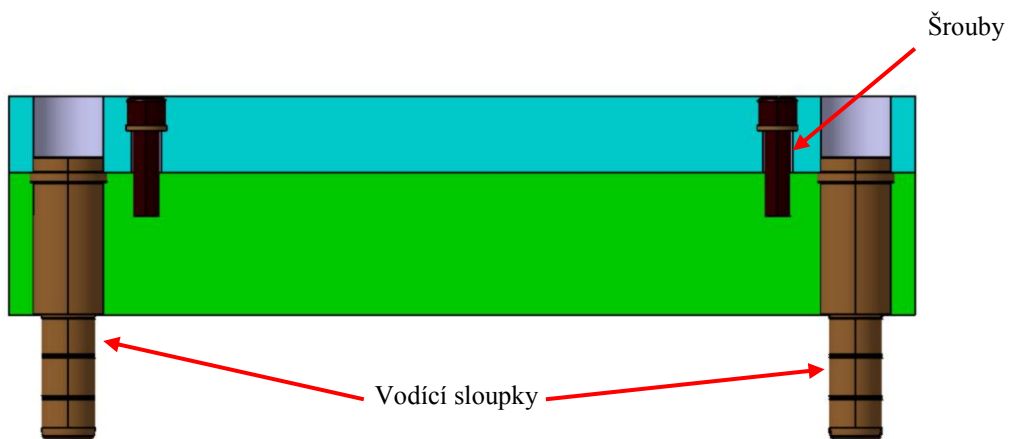
Nástroj bude mít běžné použití, se standardní životností. Materiál všech desek je zvolen běžný typ DIN 1.1730.



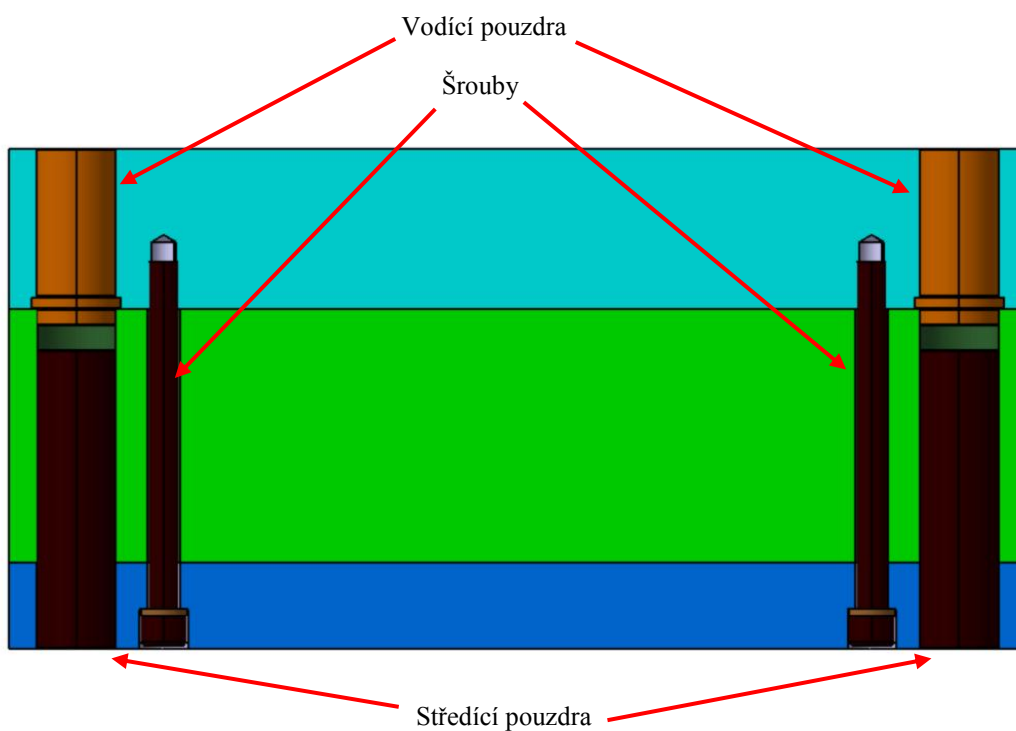
Obrázek 28 – Základní rám formy

Ze základního rozměru desek vyplývají i standardní rozměry vodících a spojovacích elementů rámu formy.

Aby se zamezilo nesprávnému smontování rámu (vzájemné pootočení desek), volí se jeden z vodících sloupků menší, než jsou ostatní tři.



Obrázek 29 – Spojovací a vodící prvky pevné strany

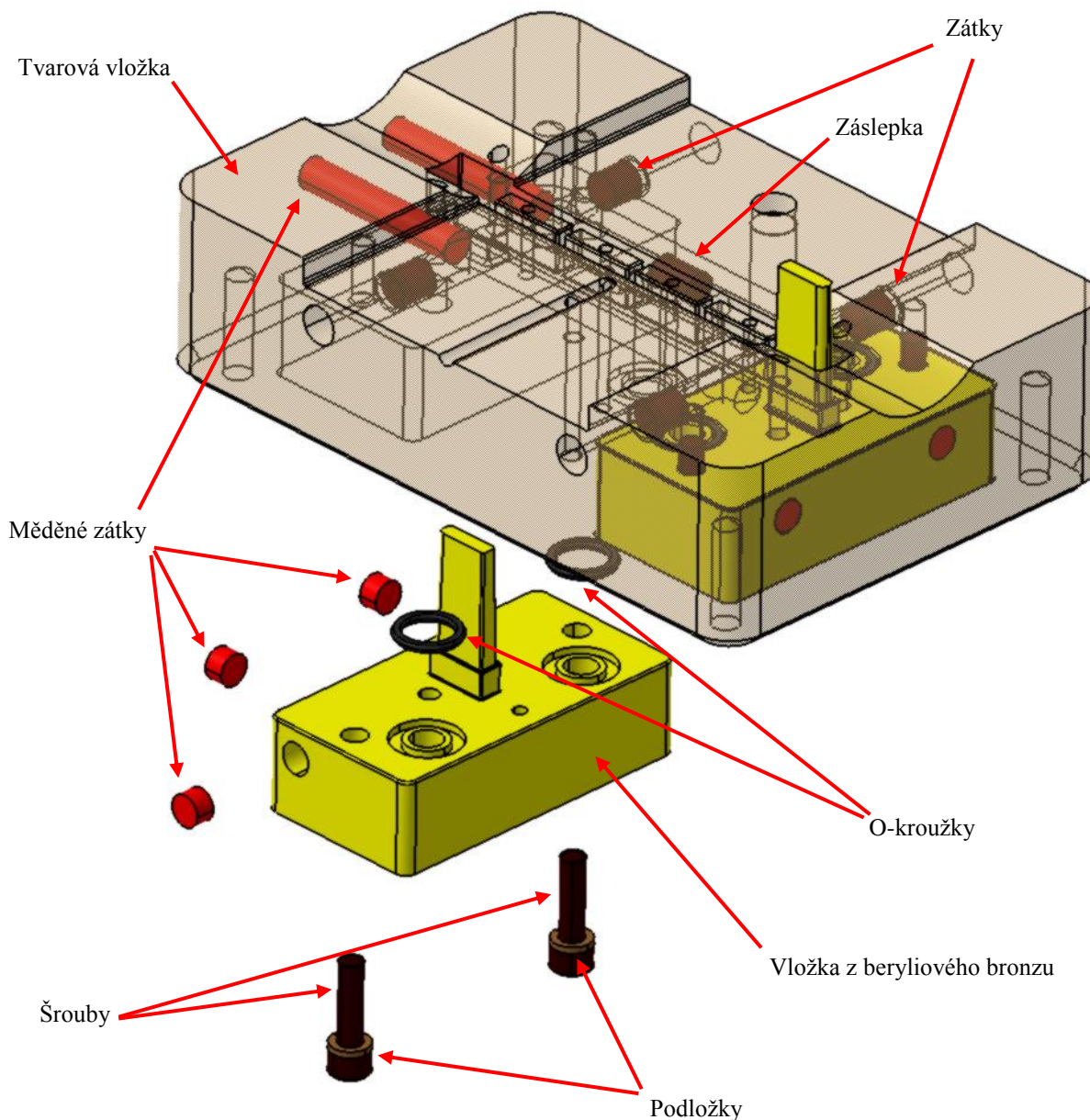


Obrázek 30 – Spojovací a vodící prvky pohyblivé strany

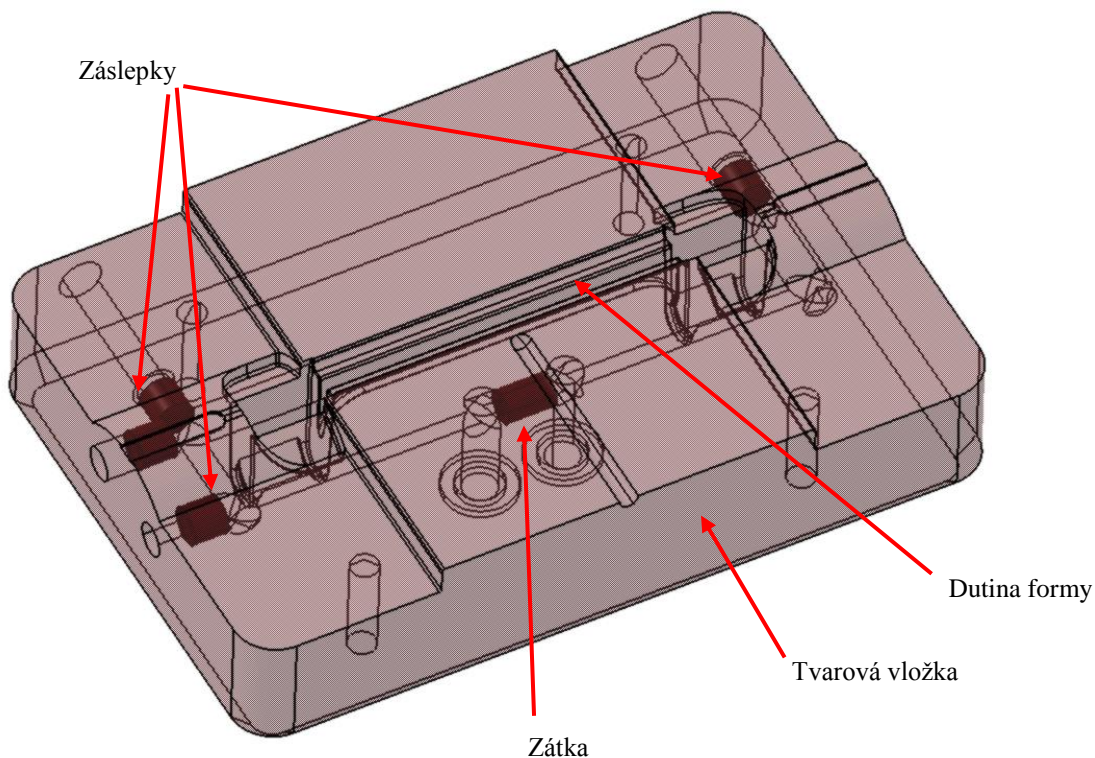
5.2 Tvarové vložky

V prvním kroku se provede konstrukce vlastních tvarových vložek, ve kterých jsou vytvořeny dutiny formy. Dutiny vzniknou odečtením modelu vyráběné součásti, zvětšené o předpokládané smrštění materiálu.

Tvarové vložky jsou vyrobeny z materiálu 1.2343, kaleného a popouštěného na tvrdost 52 ± 2 HRC.

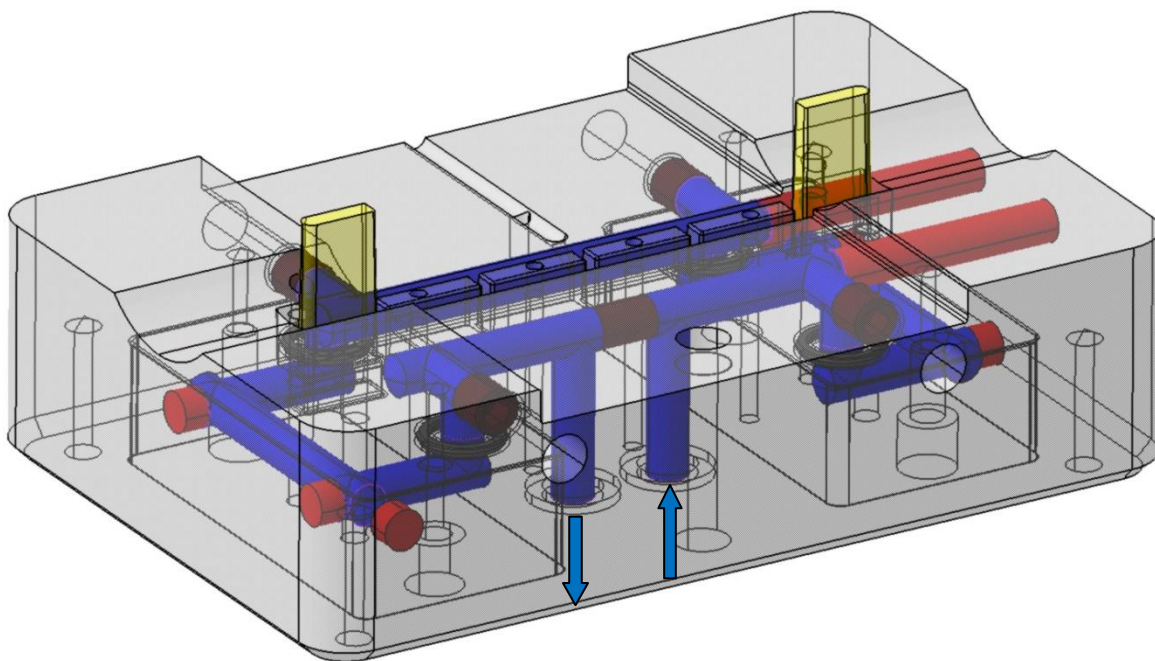


Obrázek 31 – Tvarová vložka pohyblivé strany



Obrázek 32 – Tvarová vložka pevné strany

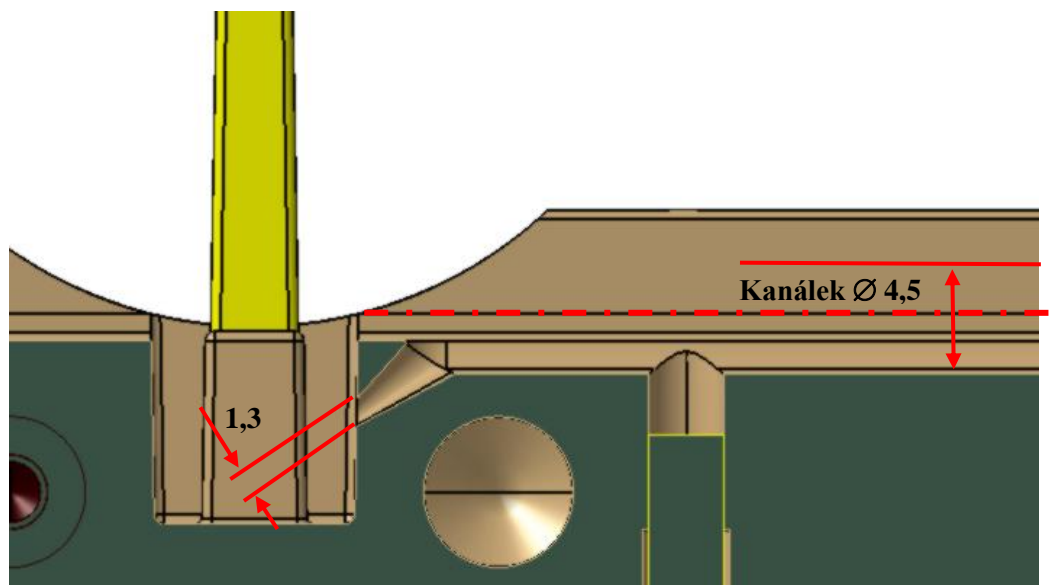
Vložky jsou opatřeny chladicími kanálky. Pro zajištění turbulentního proudění chladiva jsou kanálky vrtány s drsností povrchu Ra 12,5. Kanálky musí být rozmístěny tak, aby nenarušovaly vedení vyhazovačů.



Obrázek 33 – Chladicí kanály v tvarové vložce pohyblivé strany

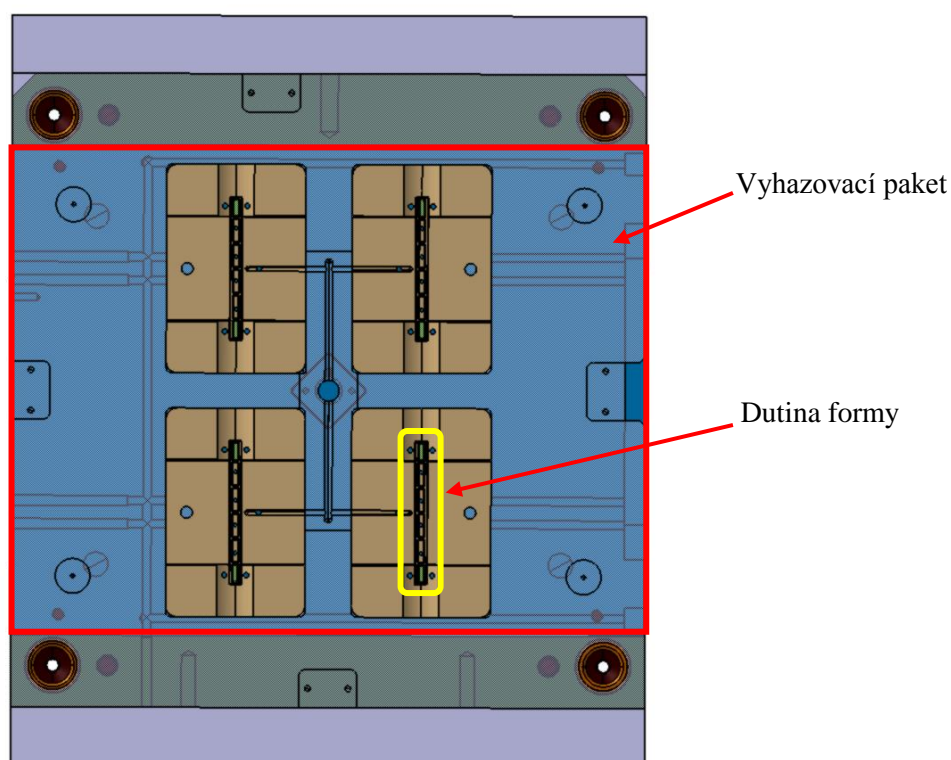
V tvarové vložce pohyblivé strany je vytvořeno vtokové ústí. Průměr ústí tunelového vtoku by měl být přibližně 40-70% hlavní tloušťky stěny výstřiku^[4]. Hlavní tloušťka stěn je 2,5mm. Průměr vtokového ústí bude 1,3mm

Rozvodné kanálky budou kruhového průřezu, zahlabeny jak do pevné, tak pohyblivé strany. Průměr kanálku by měl být přibližně 1,5 násobek tloušťky stěny výstřiku. Průměr kanálků je zvolen 4,5mm. Hlavní rozvodné kanály pak mají dvojnásobný průřez, tzn. průměr 6,4mm.



Obrázek 34 – Vtokové ústí

Nakonec jsou tvarové vložky rozmístěny do tvarové desky. Jejich rozmístění musí být takové, aby se tvarové dutiny nacházely nad vyhazovacím paketem.



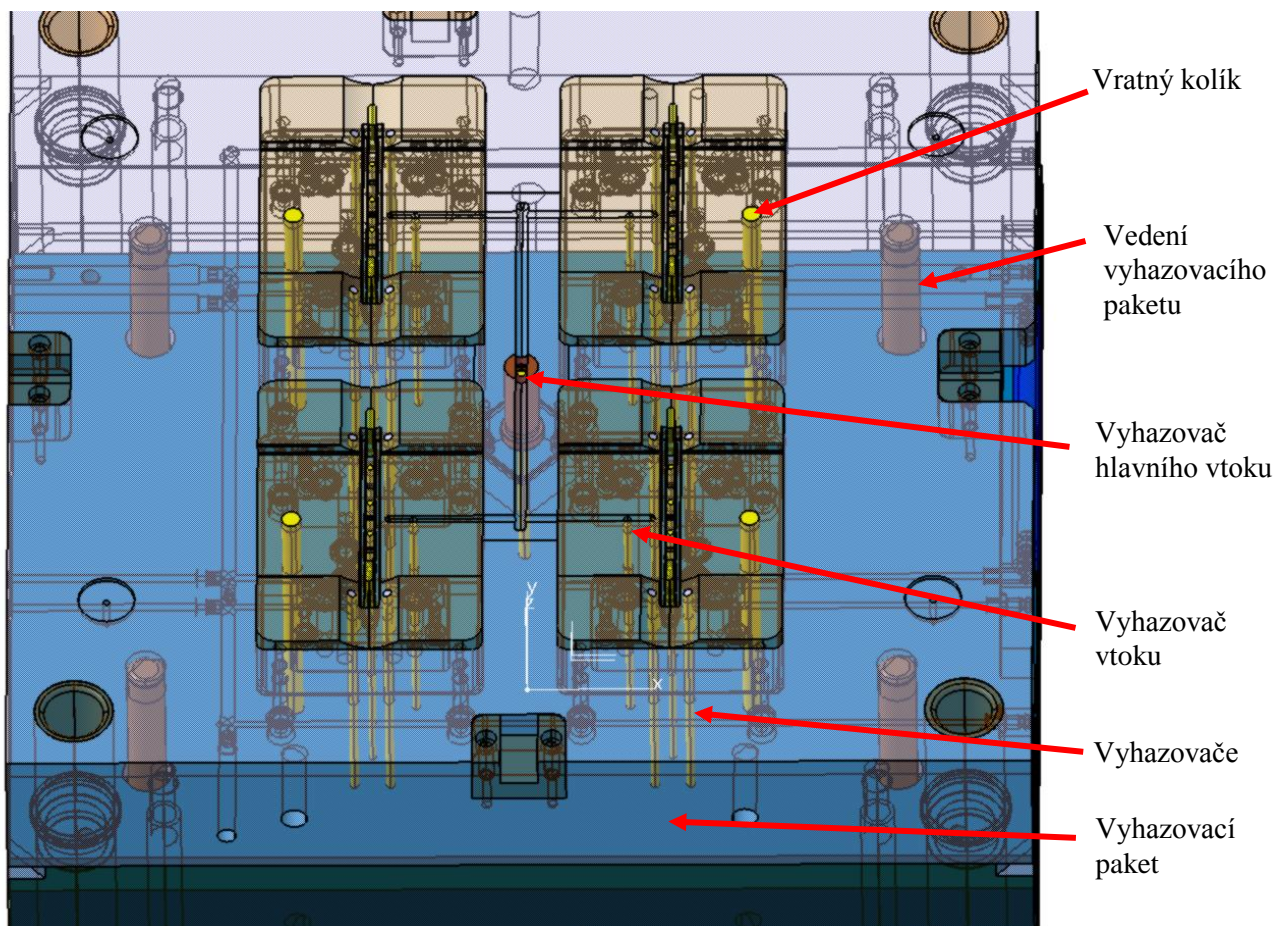
Obrázek 35 – Rozmístění tvarových vložek

5.3 Vyhazovací systém

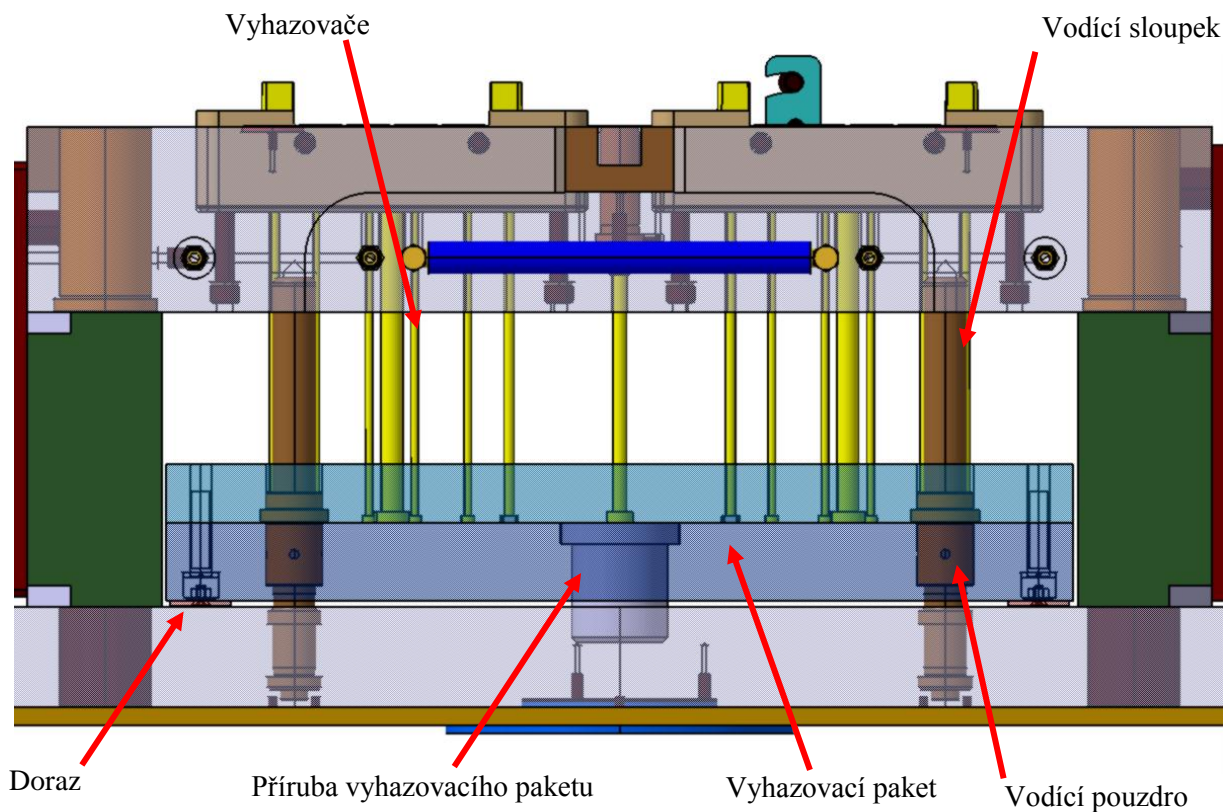
Rozmístění vyhazovačů na součásti bylo definováno v kapitole 4.4.1. Vyhazovací systém je dále doplněn o vyhazovače vtokové soustavy, umístěné v blízkosti vtokových ústí tak, aby bylo zajištěno vytažení vtokového zbytku z kuželového zhloubení ústí. Součástí vyhazovacího systému vtoku je i centrální vyhazovač pod přídržovačem hlavního vtoku. Do vyhazovacího systému jsou zahrnuty i vratné kolíky, zajišťující polohu vyhazovačů při uzavřené formě.

Sestava vyhazovacího paketu (kotevní deska, podpěrná deska, dorazy), je nakupována jako standardní díl. Polohu a pojezd paketu zajišťují čtyři kluzná vedení v rozích paketu, též nakupovaná jako standardní díl.

Vyhazovací paket je k vyhazovací tyči stroje připojen pomocí příruby s vnitřním závitem M24.

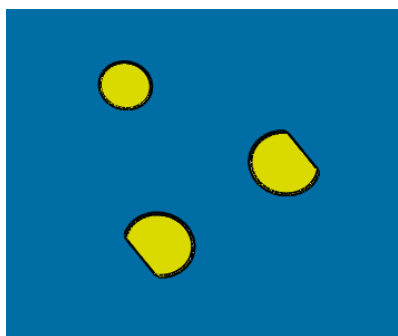


Obrázek 36 – Vyhazovací soustava

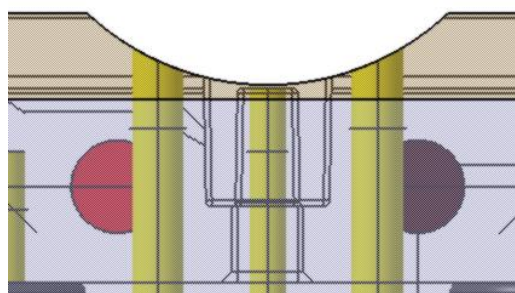


Obrázek 37 – Vedení vyhazovacího paketu

Průměry vyhazovačů jsou voleny co největší, s ohledem na zachování dostatečného množství materiálu po jejich obvodu. Vyhazovače pod krytkami jsou tvarově přizpůsobeny geometrii dutiny. Ve vyhazovacím paketu jsou pro to tvarově zajištěny proti pootočení.



Obrázek 38 – Zajištění polohy vyhazovače

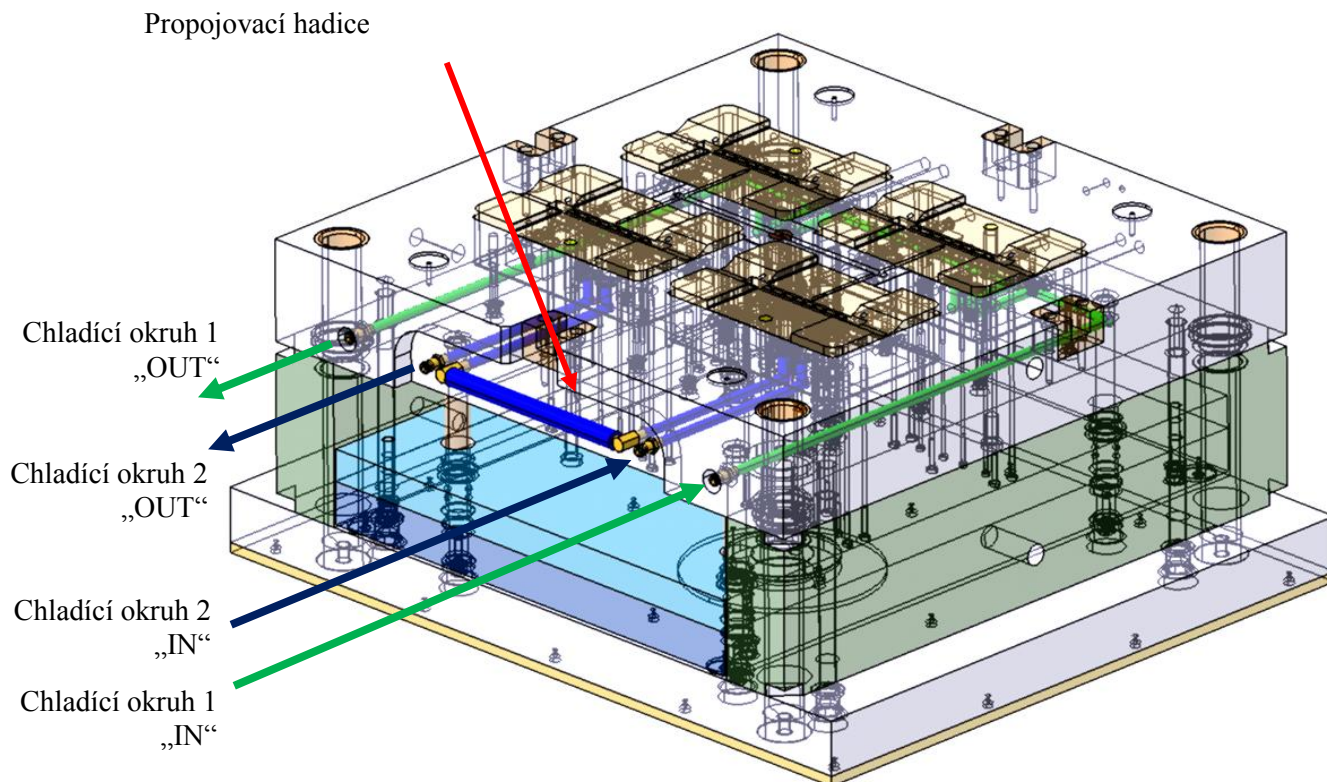


Obrázek 39 – přizpůsobení tvaru vyhazovače dutině

5.4 Chlazení

Chlazení dutin je již vytvořeno v rámci tvarových vložek. Zbývá je už jen připojit na chladicí okruhy. V tvarových deskách jsou vyvrtány kanálky, vhodně přerušené zátkami a záslepkami tak, aby chladivo proudilo v požadovaném okruhu. Na formě jsou vytvořeny okruhy dva, což by mělo vzhledem k velkému chladicímu výkonu stroje postačovat. V případě že by se ukázalo, že chlazení není dostatečné, lze formu upravit na čtyřokruhovou dodatečným vyvrtáním několika kanálků na okruhu č. 1 a rozpojením okruhu č.2 (odstranění spojovací hadice).

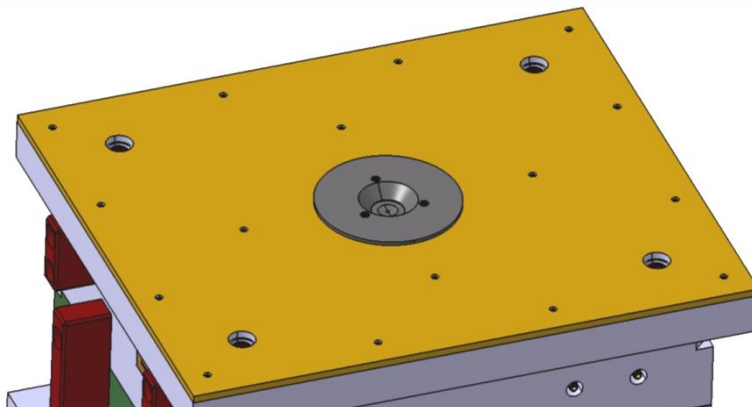
Na formě není obecně dobré, pokud její prvky (jako např. svorkovnice, rychlospojky, počítadla apod.) vyčnívají z profilu formy. Hrozí nebezpečí jejich uražení při různých manipulacích a v běžném provozu. Náustky rychlospojek a propojovací hadice jsou pro to zapuštěny do hmoty tvarových desek.



Obrázek 40 – Chladicí okruhy v pohyblivé straně formy (v pevné řešení obdobně)

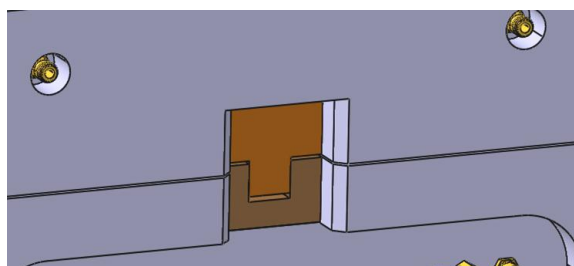
5.5 Polohování

Pro zajištění přesné polohy částí formy na stroji, jsou obě její poloviny opatřeny středící přírubou.



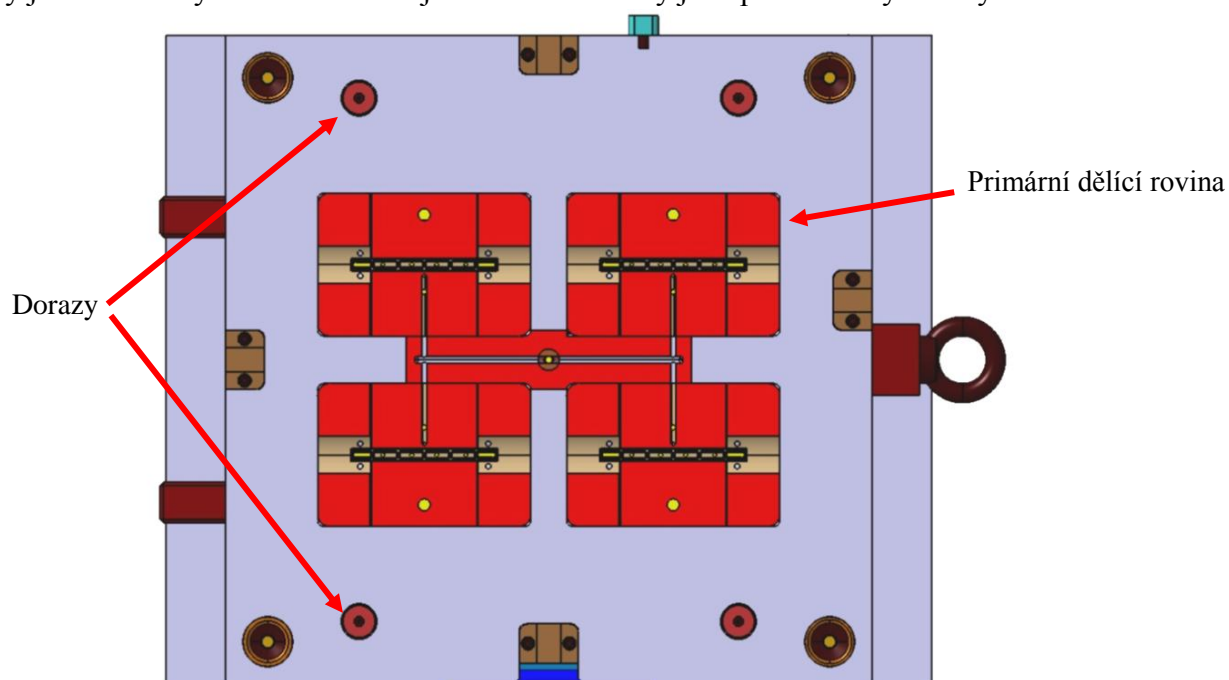
Obrázek 41 – Středící příruba

Přesné slícování pevné a pohyblivé strany formy je zajištěno čtyřmi středícími kameny na obvodu formy.



Obrázek 42 – Středící kámen

Aby bylo zajištěno těsné uzavření dutin formy, dosedají na sebe poloviny formy pouze v místě primární dělicí roviny na tvárnících a okolo studeného rozvodu taveniny. Ostatní části formy jsou odsazeny o 1mm. Na vnějších částech formy jsou pak osazeny dorazy.

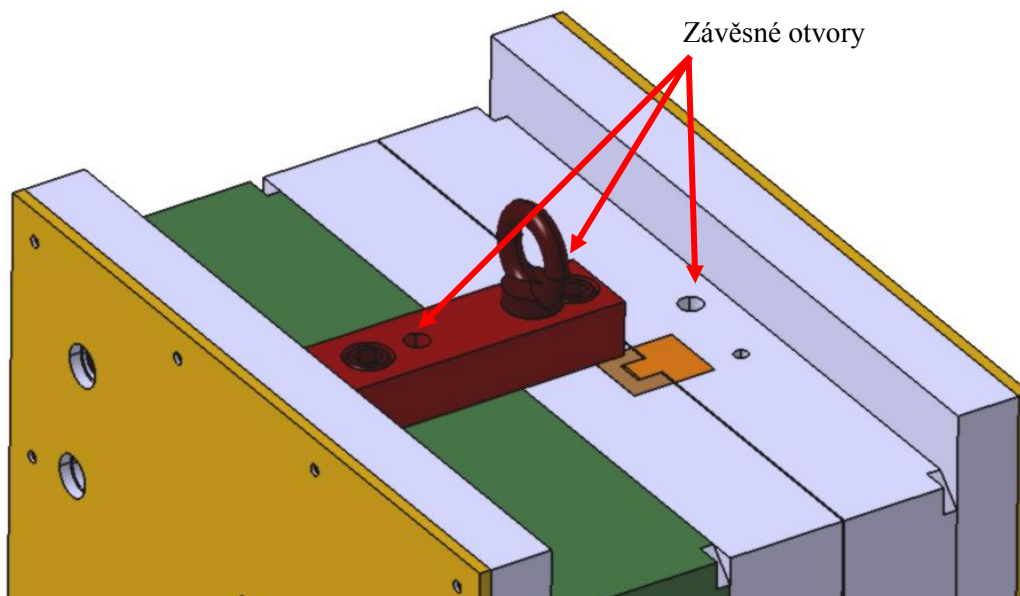


Obrázek 43 – Dosedací plochy formy

5.6 Manipulační prvky

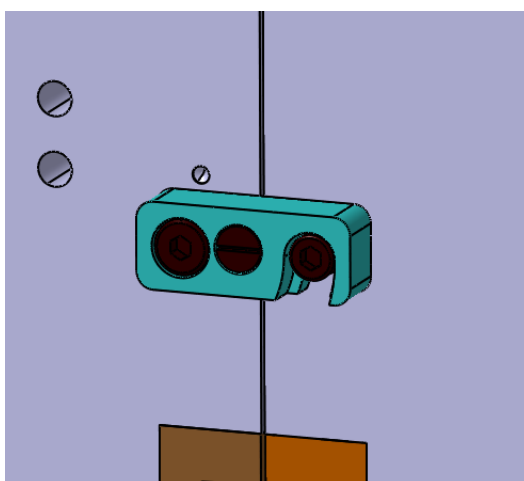
Aby bylo možné s formou manipulovat, uskladňovat jí, a provádět na ní údržbu, je potřeba jí osadit manipulačními prvky.

Pro zavěšení na jeřáb je na pohyblivou stranu připevněn můstek s dvěma otvory se závitem. Jeden je umístěn v těžišti pohyblivé strany, druhý v těžišti celé formy. Na pevné straně je stejně tak umístěn otvor se závitem v těžišti pevné strany. Do otvorů se šroubuje závěsné oko, aby bylo možné s formou, nebo jejími částmi manipulovat pomocí jeřábu. Vypočtená motnost formy je cca 800kg. Závěsné oko je dimenzováno na 1200 kg, což je pro formu dostačující.



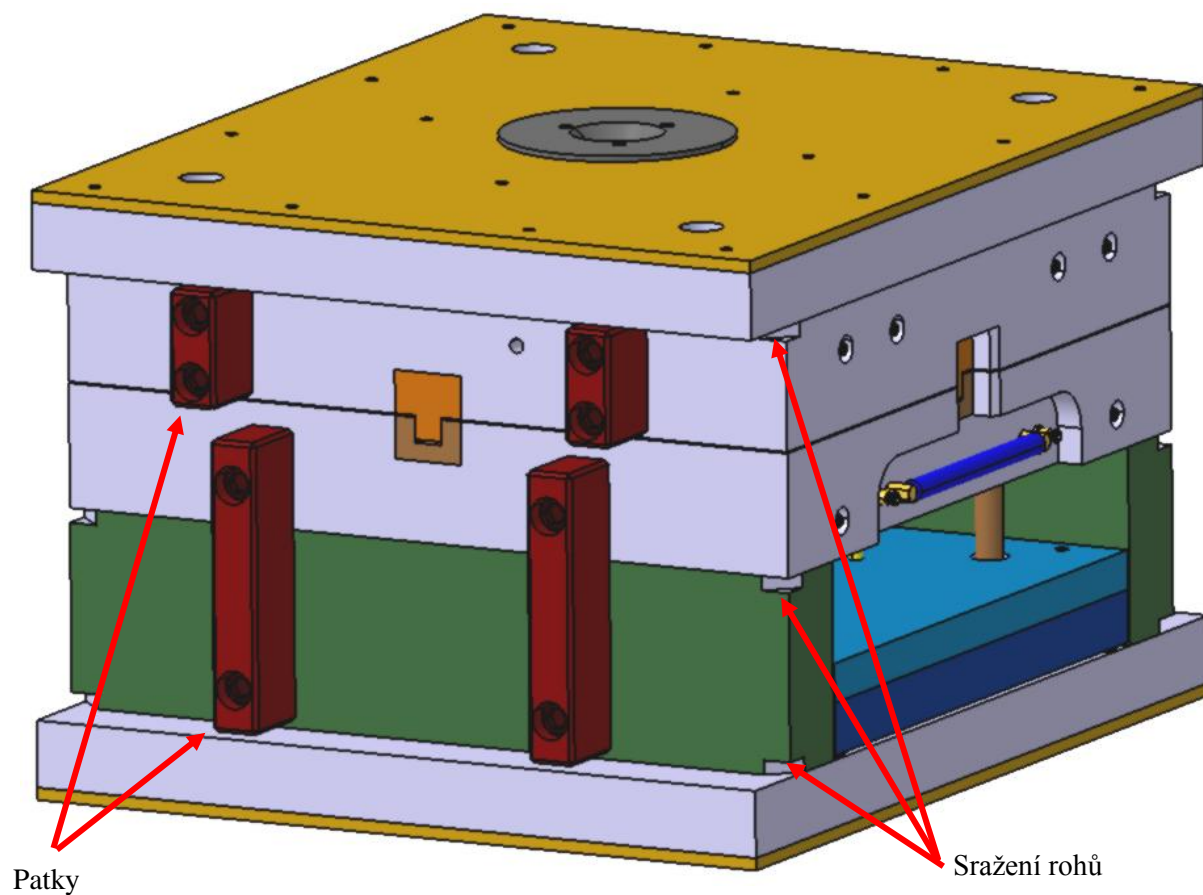
Obrázek 44 – Závěsné zařízení

Aby nemohlo dojít k oddělení částí forem během transportu, je na bok formy umístěn zámek.



Obrázek 45 – Zámek

Když není forma umístěna na vstřikovacím stroji, skladuje se obvykle na zemi. Aby se nepoškodily části formy, je osazena patkami.



Obrázek 46 – Patky a sražení rohů

Pro usnadnění demontáže desek formy, mají lišty a tvarová deska pevné strany sraženy rohy, do kterých lze vrazit klín.

ZÁVĚR

Cílem konstrukce formy není forma samotná, ale výrobek, který v ní má vznikat. Sebedůkladněji zkonstruovaná forma je k ničemu, pokud pomocí jí nezmožné vyrobit díl v požadované jakosti.

V této práci jsem se zejména pokusil ukázat to, že konstrukce formy zásadně ovlivňuje kvalitu výsledného výrobku a konstruktér formy by měl mít tyto faktory vždy v patrnosti.

Nejdůležitější nicméně stále zůstává konstrukce samotného výrobku. Pokusil jsem se na něm pro to provést některé optimalizace, které by výslednou kvalitu zlepšily.

Konstrukce formy byla provedena v CAD programu CATIA, s pomocí katalogu firmy HASCO.

Tato práce pro mne byla přínosná i z praktického hlediska, kdy jsem si při jejím vypracování rozšířil obzory v mé profesi.

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

- [1] HYNEK, M. Západočeská univerzita v Plzni [Online] [Citace: 30. 10 2014]
http://home.zcu.cz/~hynek/KA05_Obecne_informace_o_formach_pro_plastove_dily.pdf.
- [2] f. CONTINENTAL AUTOMOTIVE CZ, Brandýs nad Labem: Specifikace formy
- [3] ZEMAN, L. *Navrhování Vstřikování plastů*. Praha: BEN – technická literatura, 2009, ISBN-978-80-7300-250-3
- [4] BEAUMONT, J.P., *Runner and rating design handbook*. USA, Cincinnati: Hanser Gardner Publications Inc., 2004, ISBN-1-56990-347-6
- [5] HARPER, CH. A., *Handbook of plastic processes*. USA, New Jersey: Wiley interscience, 2006, ISBN-13: 978-0-471-66255-6

SEZNAM OBRÁZKŮ

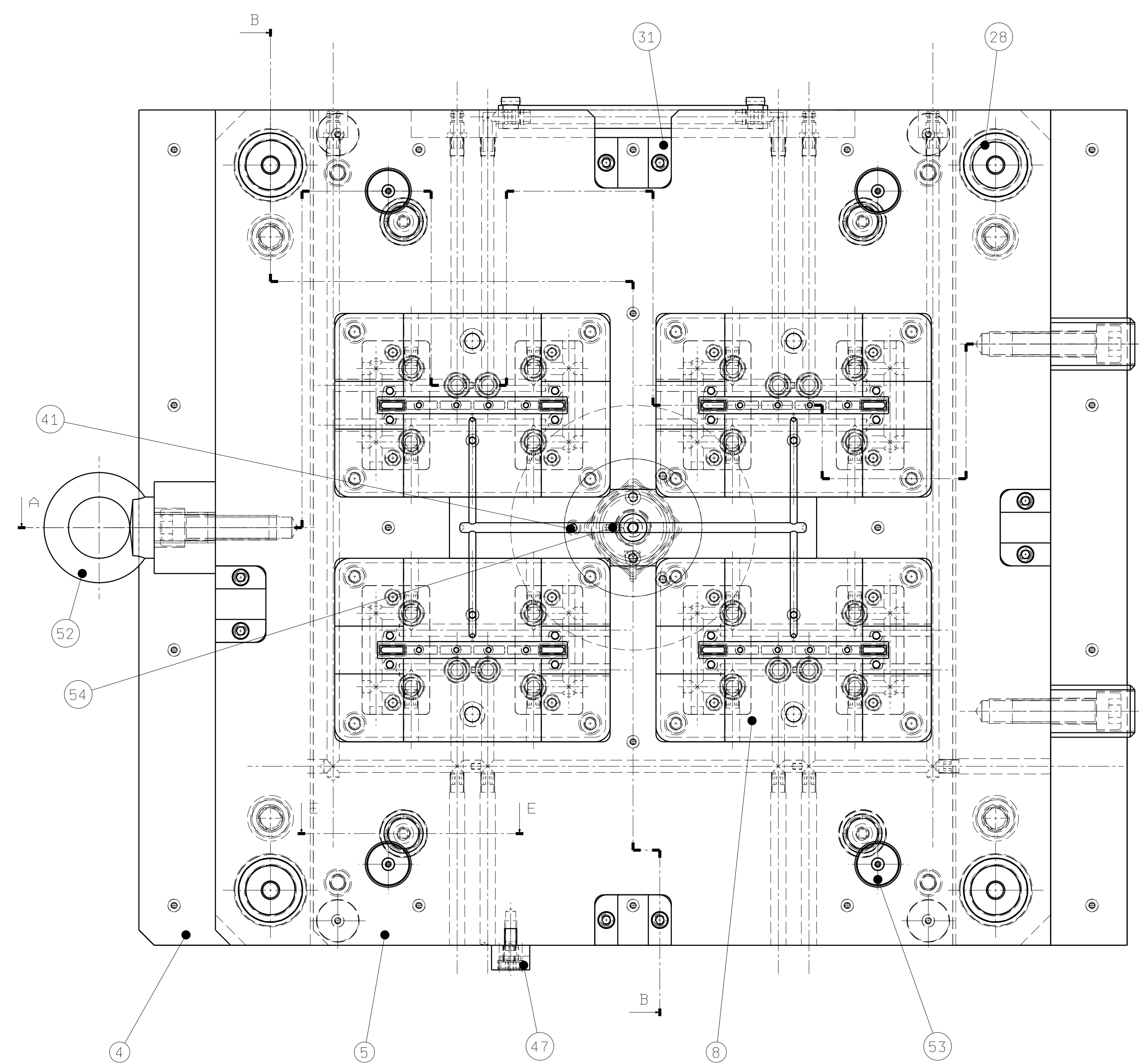
Obrázek 1 – Popis vstřikovacího lisu.....	4
Obrázek 2 – Použití přepravního stojánu.....	5
Obrázek 3 – CAD model stojánu.....	5
Obrázek 4 – Funkční části stojánu – horní pohled.....	6
Obrázek 5 – Funkční části stojánu – dolní pohled.....	6
Obrázek 6 – Závislost deformace na teplotě stěn formy.....	8
Obrázek 7 – Chlazení ostrých koutů.....	9
Obrázek 8 – Závislost deformace na tloušťce žeber.....	9
Obrázek 9 – Tloušťky stěn součástí.....	10
Obrázek 10 – Pravděpodobná místa vzniku propadů.....	11
Obrázek 11 – Možná místa vzniku studených spojů v případě vtokování do nejkratší stěny.....	12
Obrázek 12 – Možnosti zaformování otvoru a vyplývající směry otřepů.....	13
Obrázek 13 – Dělicí rovina na vyráběné součástce.....	13
Obrázek 14 – Analýza úkosů ve směru kolmém na dělicí roviny.....	14
Obrázek 15 – Místo obtížného odvzdušnění.....	14
Obrázek 16 – Změny v konstrukci stojánu.....	15
Obrázek 17 – Schéma studeného vtoku.....	16
Obrázek 18 – Blok horkých trysek.....	17
Obrázek 19 – Některé z možností čtyř otiskového rozložení.....	19
Obrázek 20 – Šesti otiskové rozložení.....	19
Obrázek 21 – Vtok ze strany.....	20
Obrázek 22 – Vtok na střed.....	20
Obrázek 23 – Vtok v dělicí rovině.....	21
Obrázek 24 – Tunelový vtok.....	21
Obrázek 25 – Banánový vtok.....	22
Obrázek 26 – Rozmístění vyhazovačů.....	23
Obrázek 27 – Koncepce chlazení výstřiku.....	24
Obrázek 28 – Základní rám formy.....	25
Obrázek 29 – Spojovací a vodící prvky pevné strany.....	26
Obrázek 30 – Spojovací a vodící prvky pohyblivé strany.....	26
Obrázek 31 – Tvarová vložka pohyblivé strany.....	27
Obrázek 32 – Tvarová vložka pevné strany.....	28
Obrázek 33 – Chladicí kanály v tvarové vložce pohyblivé strany.....	28
Obrázek 34 – Vtokové ústí.....	29
Obrázek 35 – Rozmístění tvarových vložek.....	29
Obrázek 36 – Vyhazovací soustava.....	30
Obrázek 37 – Vedení vyhazovacího paketu.....	31
Obrázek 38 – Zajištění polohy vyhazovače.....	31
Obrázek 39 – přizpůsobení tvaru vyhazovače dutině.....	31
Obrázek 40 – Chladicí okruhy v pohyblivé straně formy (v pevné řešeny obdobně).....	32
Obrázek 41 – Sředící příruba.....	33
Obrázek 42 – Sředící kámen.....	33
Obrázek 43 – Dosedací plochy formy.....	33
Obrázek 44 – Závěsné zařízení.....	34
Obrázek 45 – Zámek.....	34
Obrázek 46 – Patky a sražení rohů.....	35

SEZNAM TABULEK

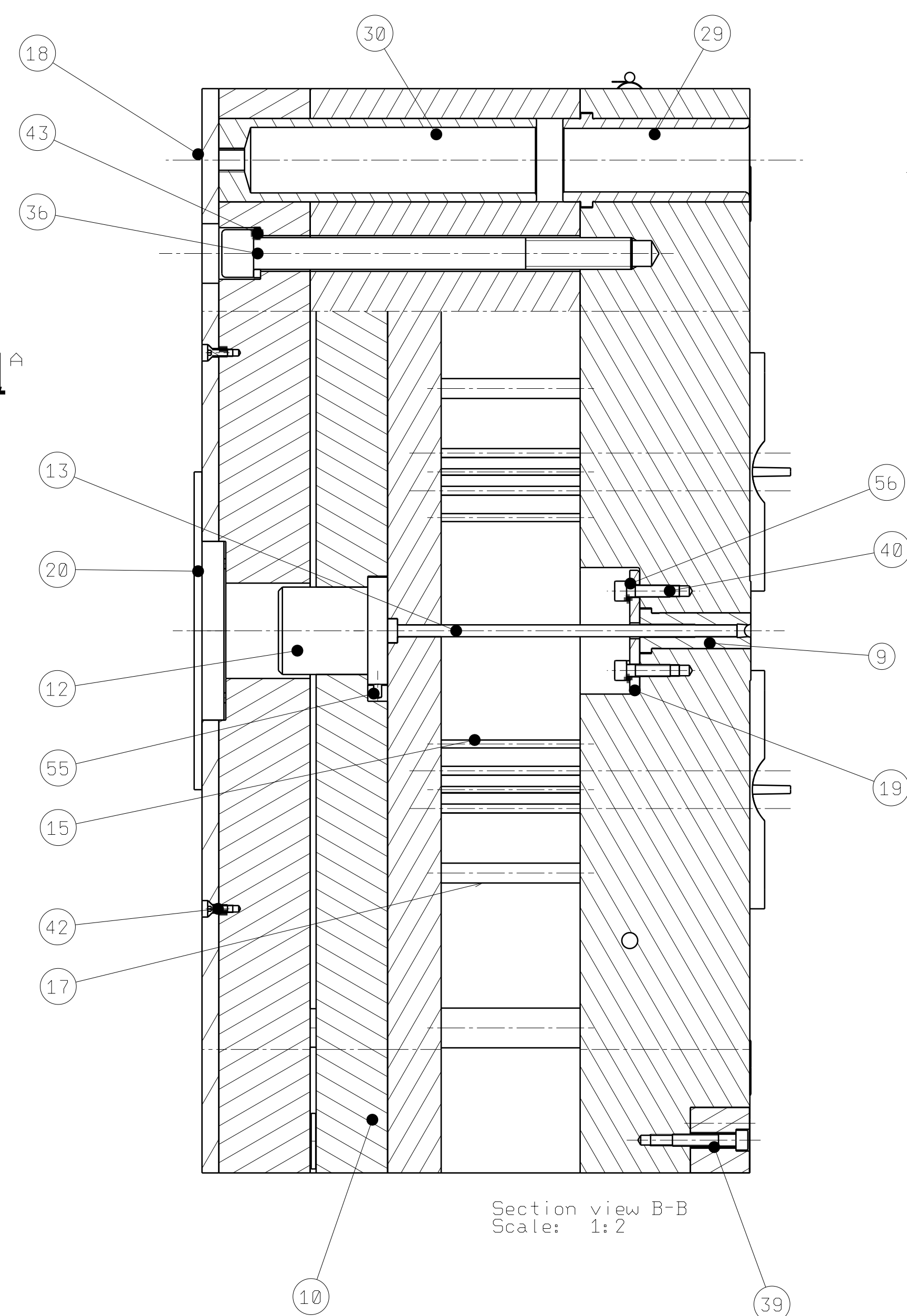
Tabulka 1 – Základní parametry vstřikovacího stroje.....	7
---	---

SEZNAM PŘÍLOH

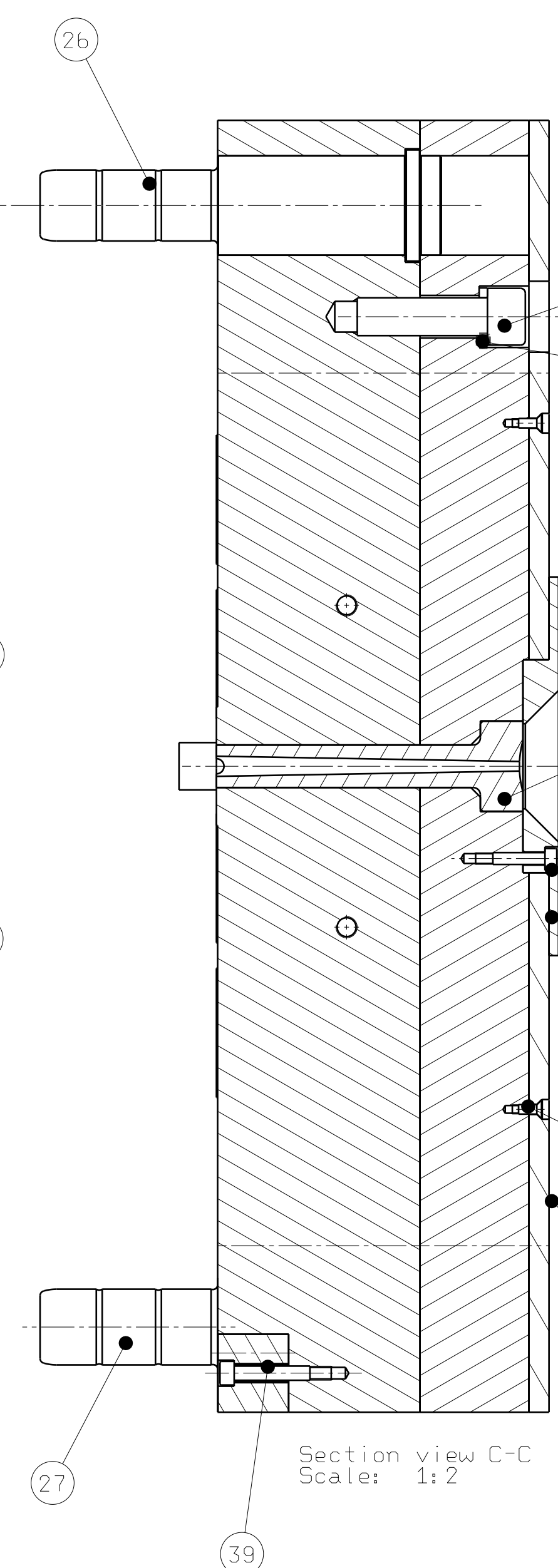
Číslo výkresu	List	Název	Formát
JZ-BP-00-00-000	1/4	Vstrikovací forma	A0
JZ-BP-00-00-000	2/4	Vstrikovací forma	A0
JZ-BP-00-00-000	3/4	Vstrikovací forma	A4
JZ-BP-00-00-000	4/4	Vstrikovací forma	A4
JZ-BP-01-01-001	1/1	Tvarová vložka	A0



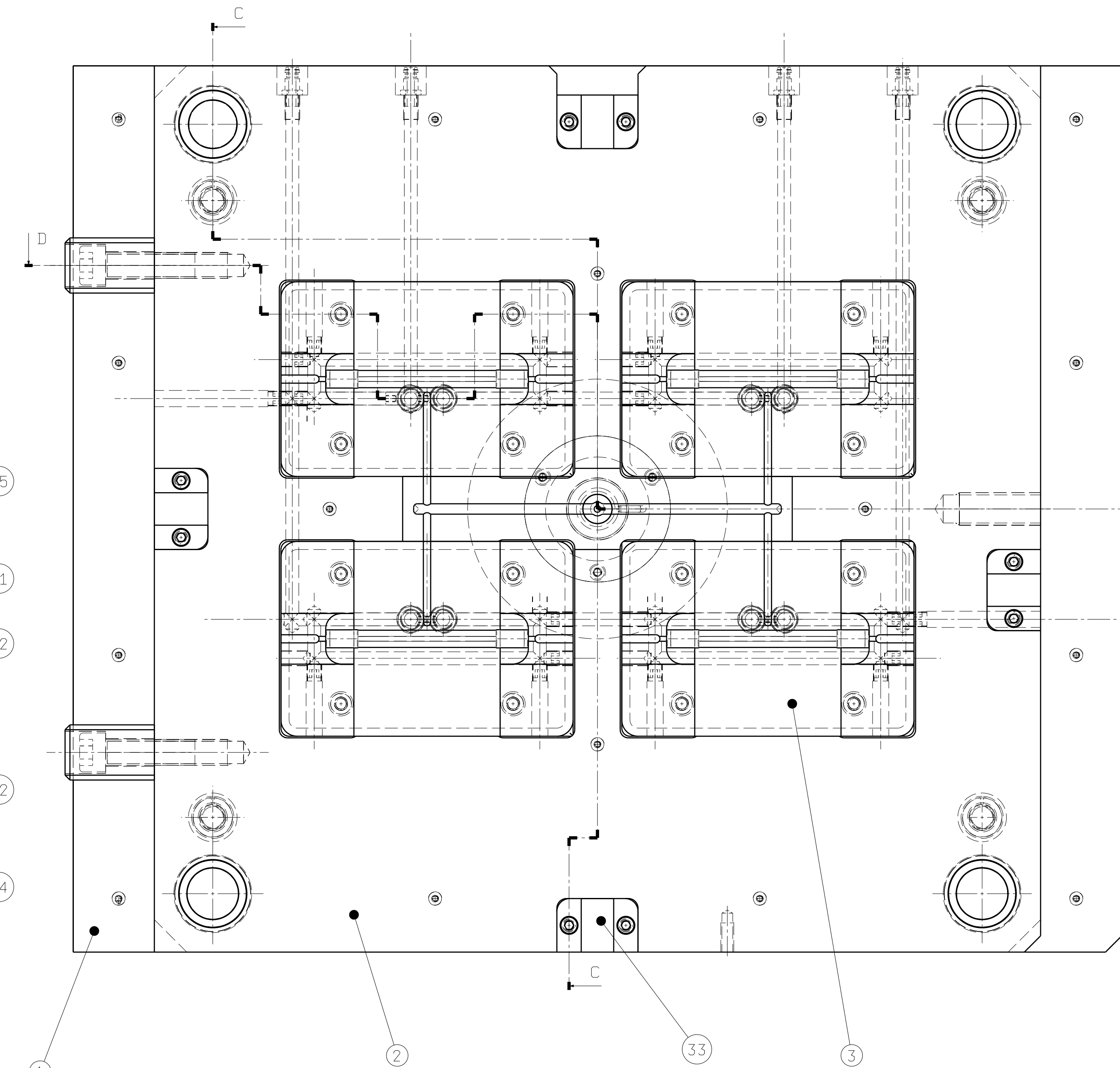
Section view A-A
Scale: 1:2



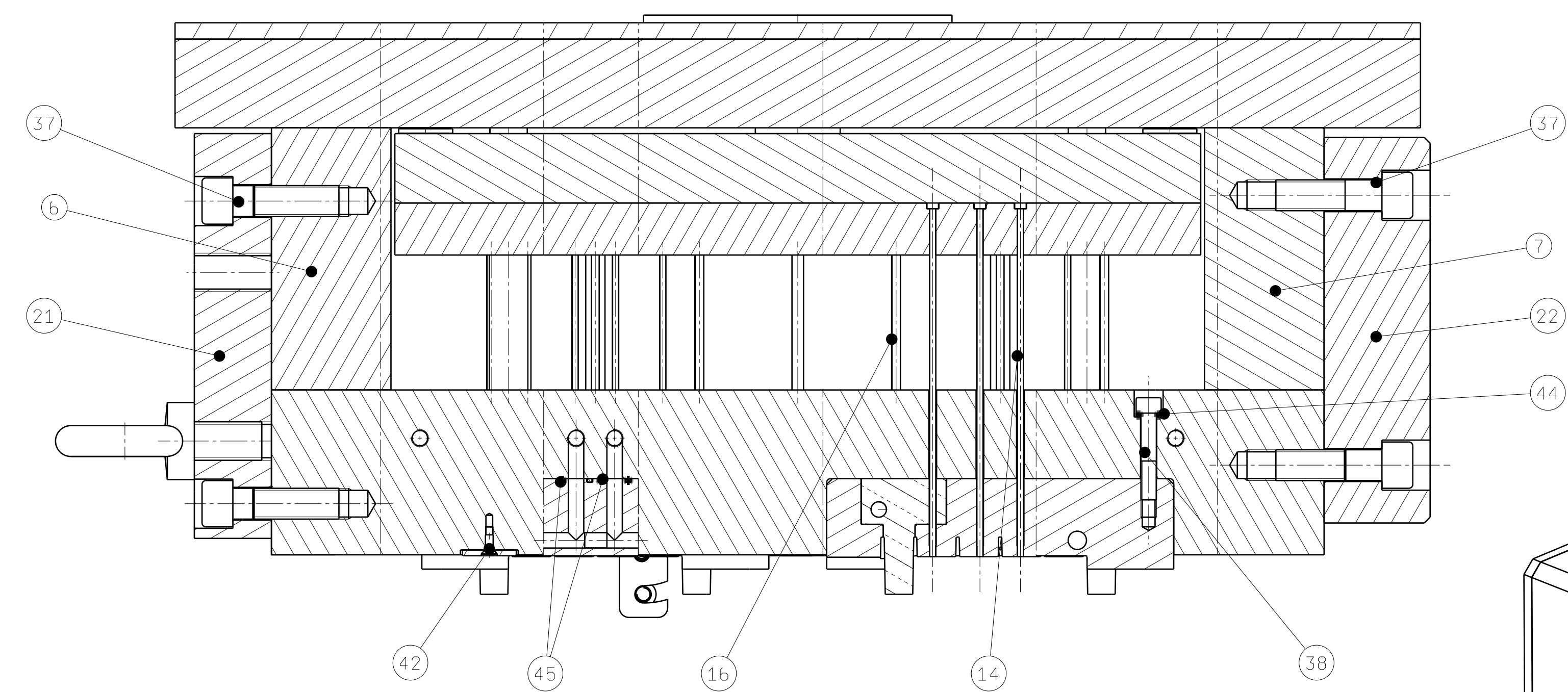
Section view B-B
Scale: 1:2



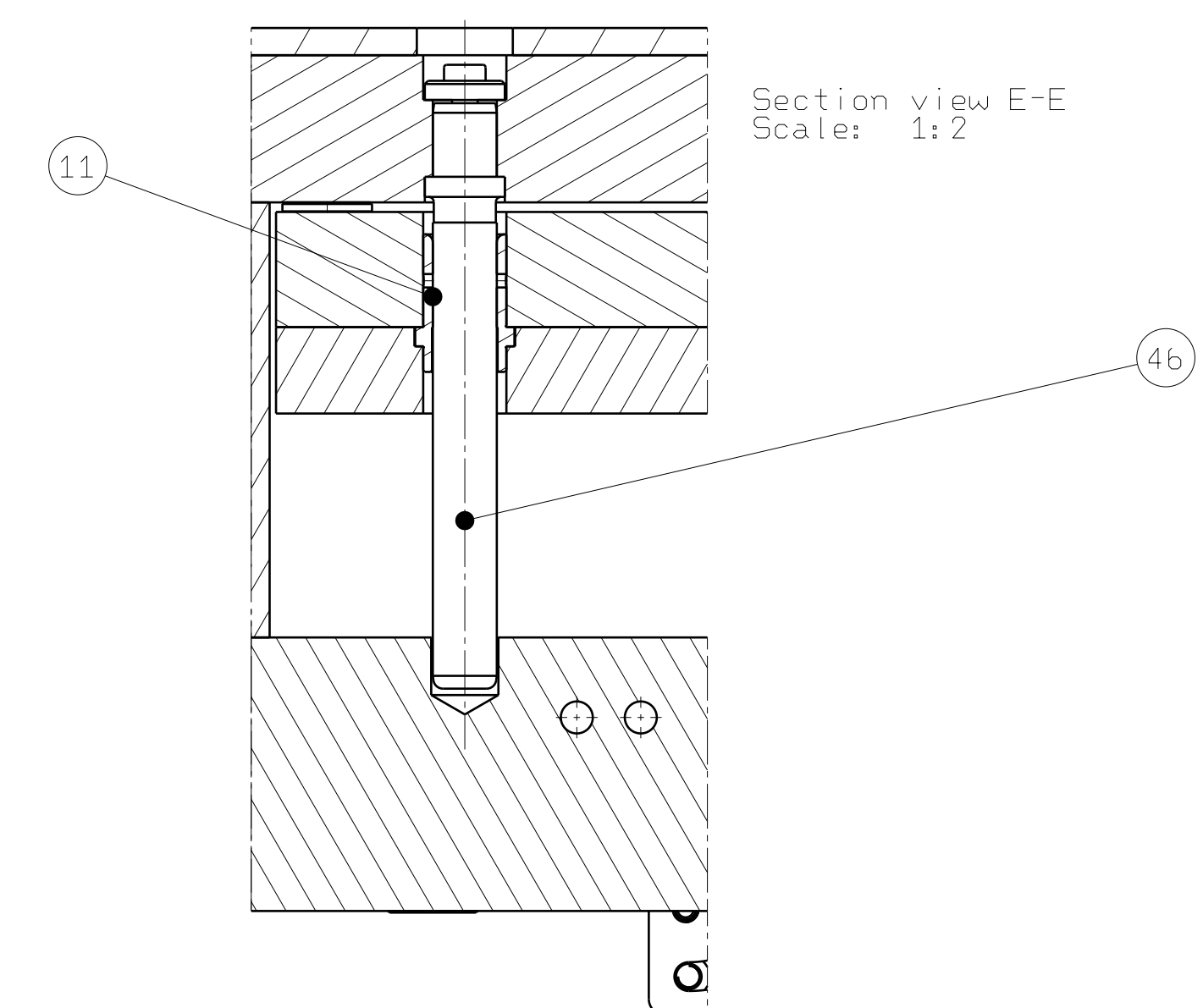
Section view C-C
Scale: 1:2



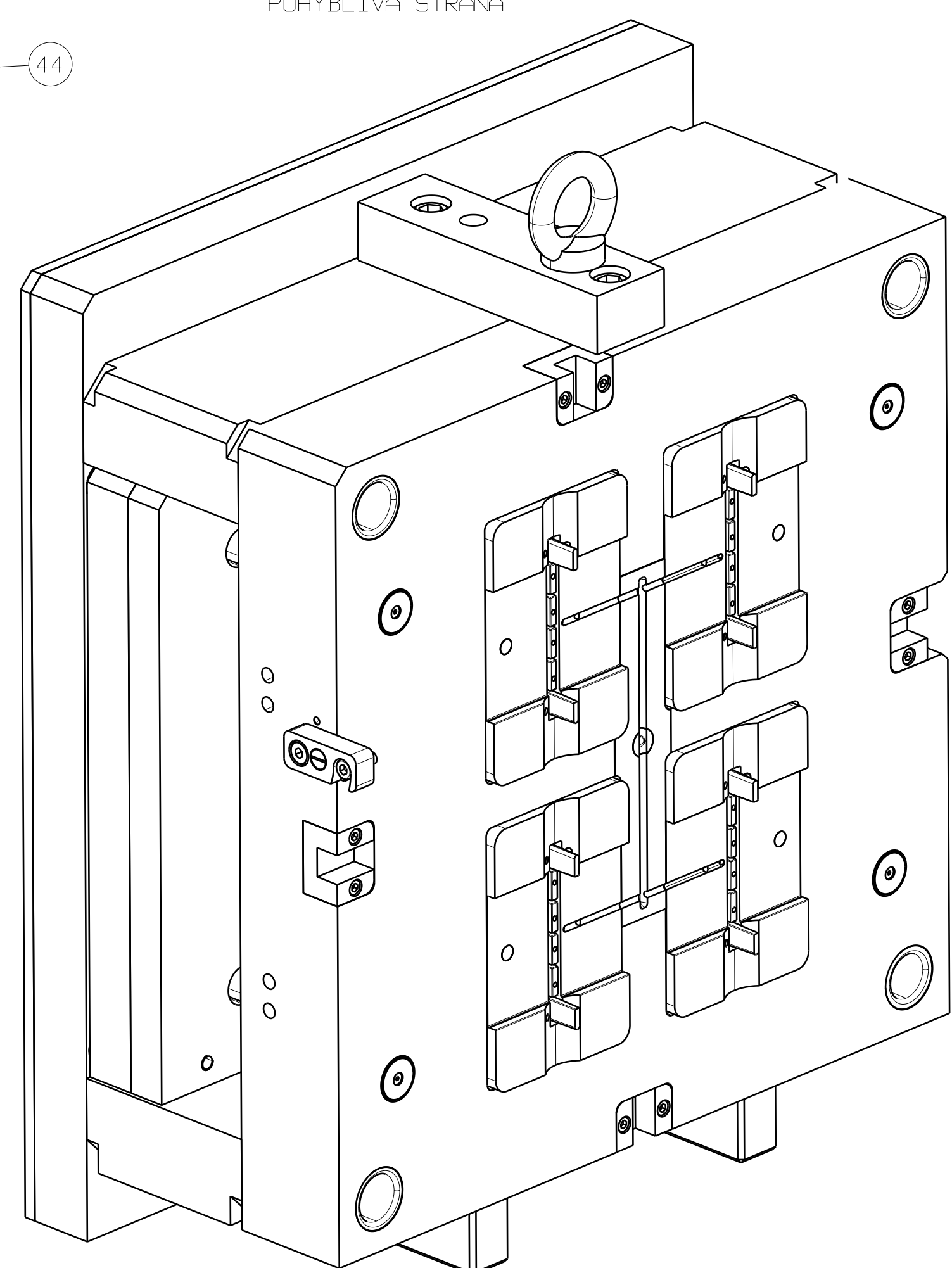
Section view D-D
Scale: 1:2



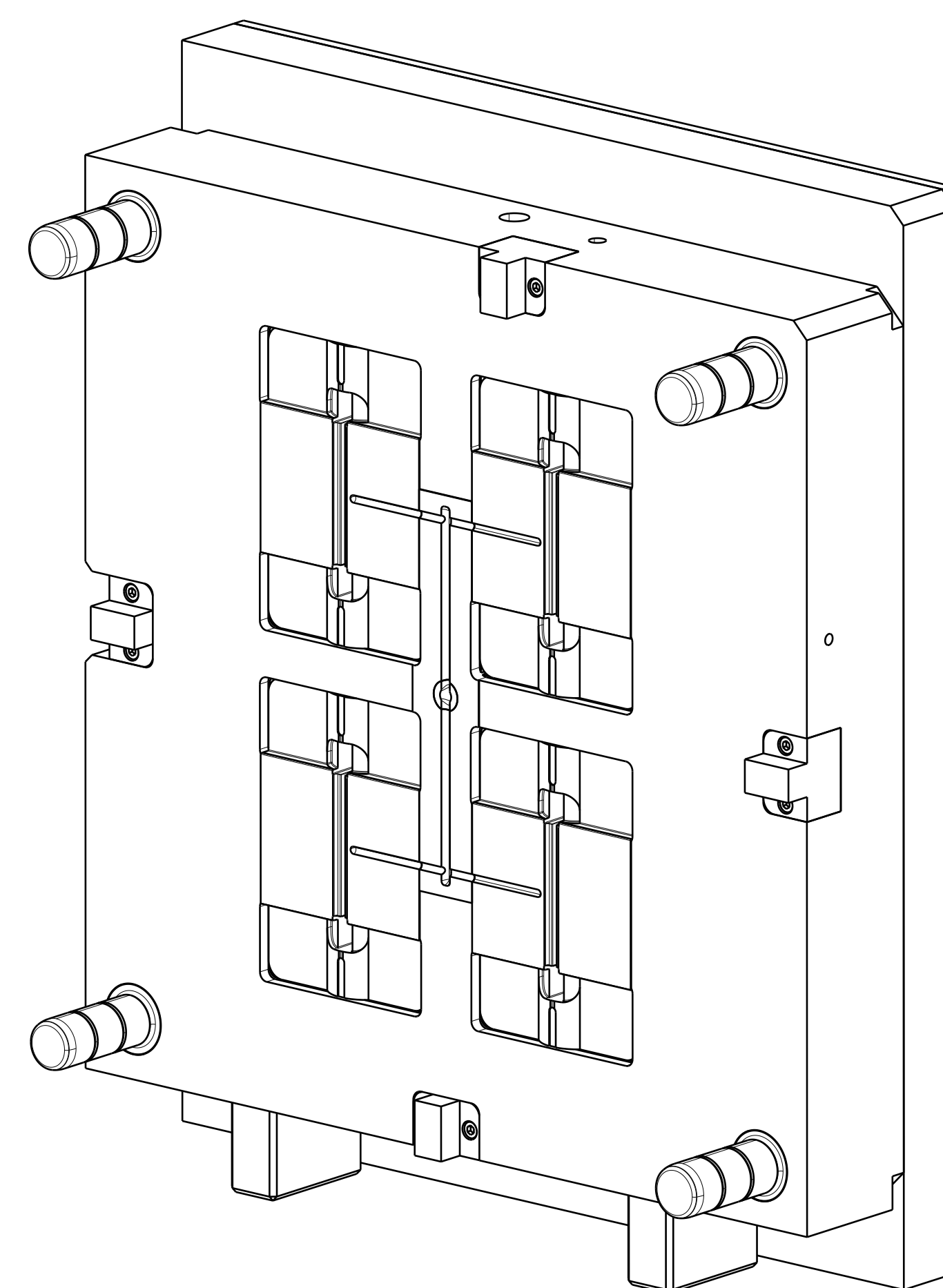
Section view E-E
Scale: 1:2



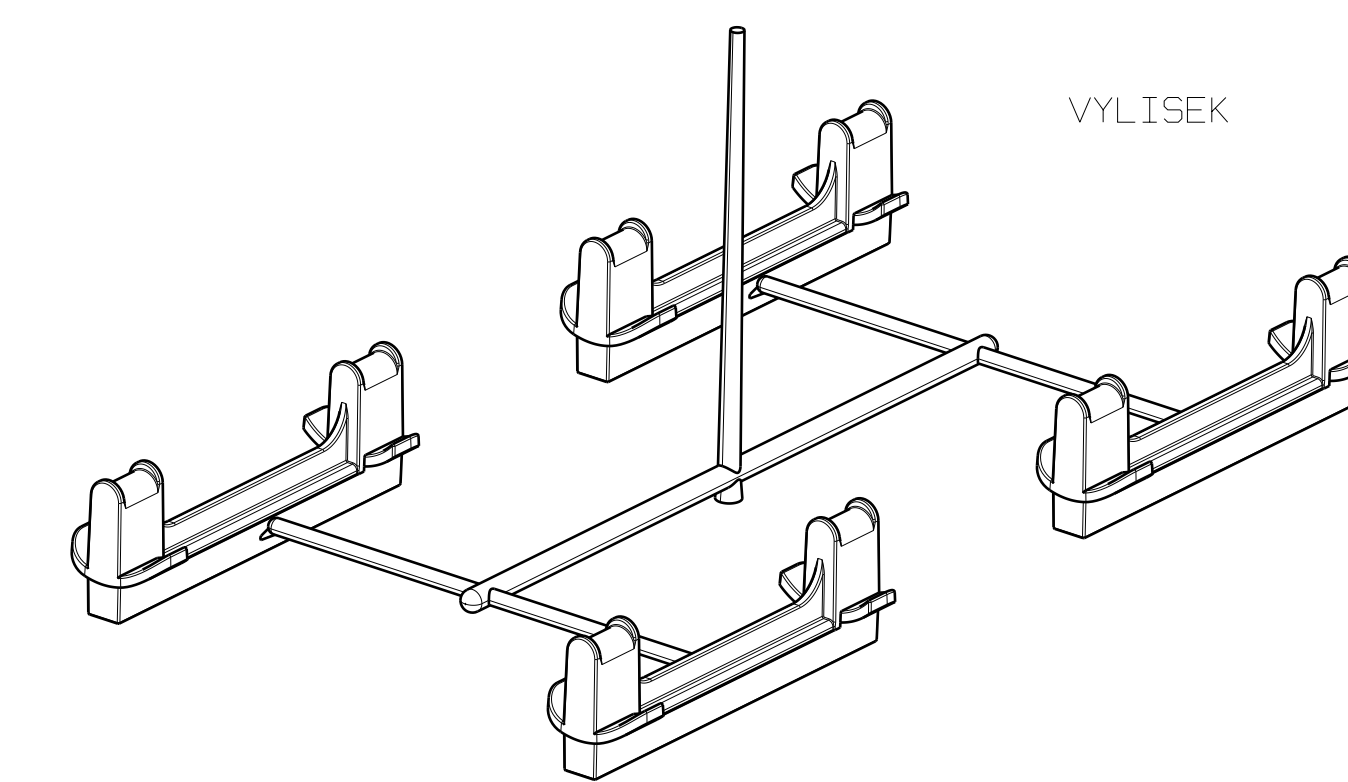
POHYBLIVÁ STRANA



PEVNÁ STRANA

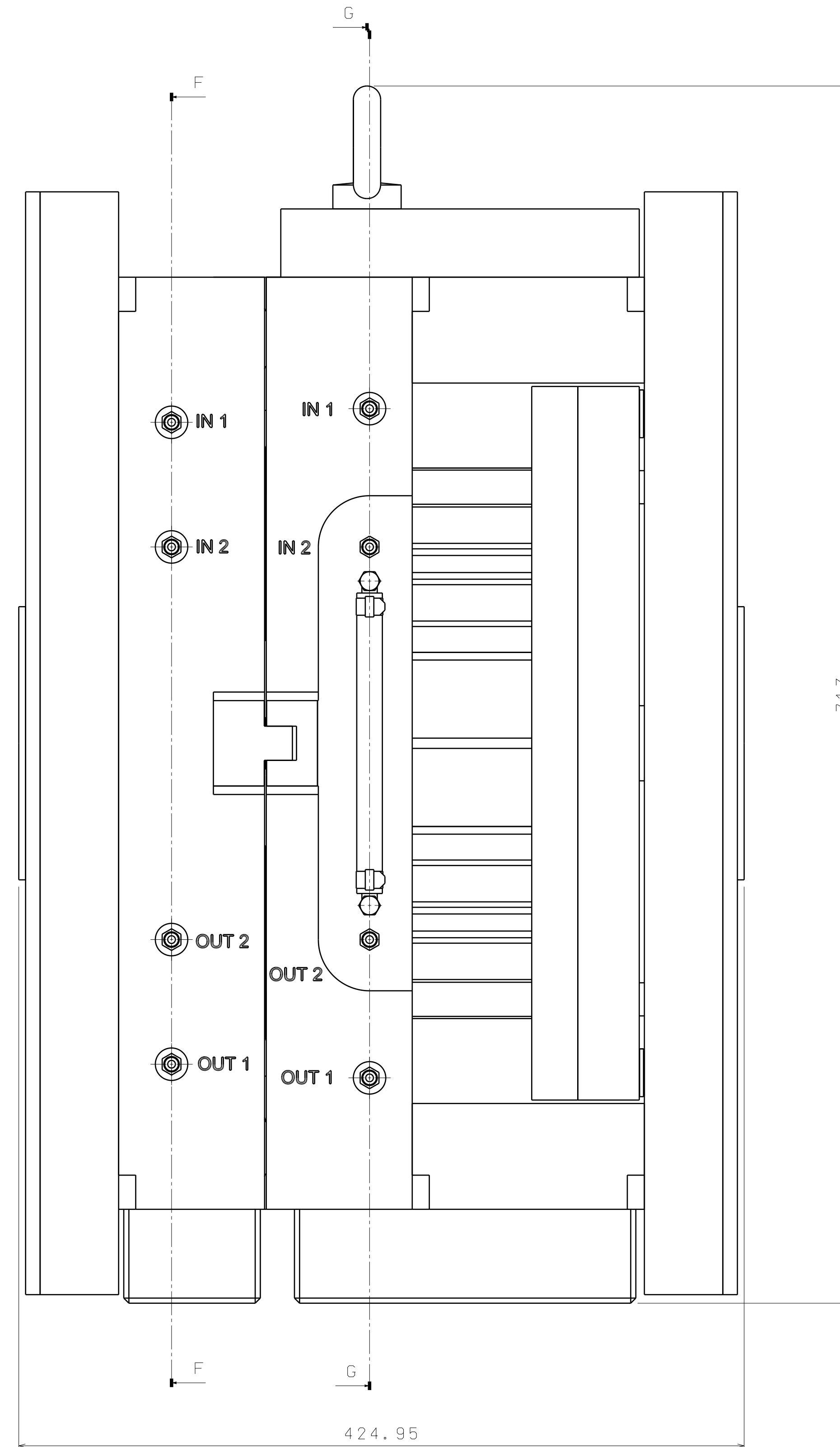
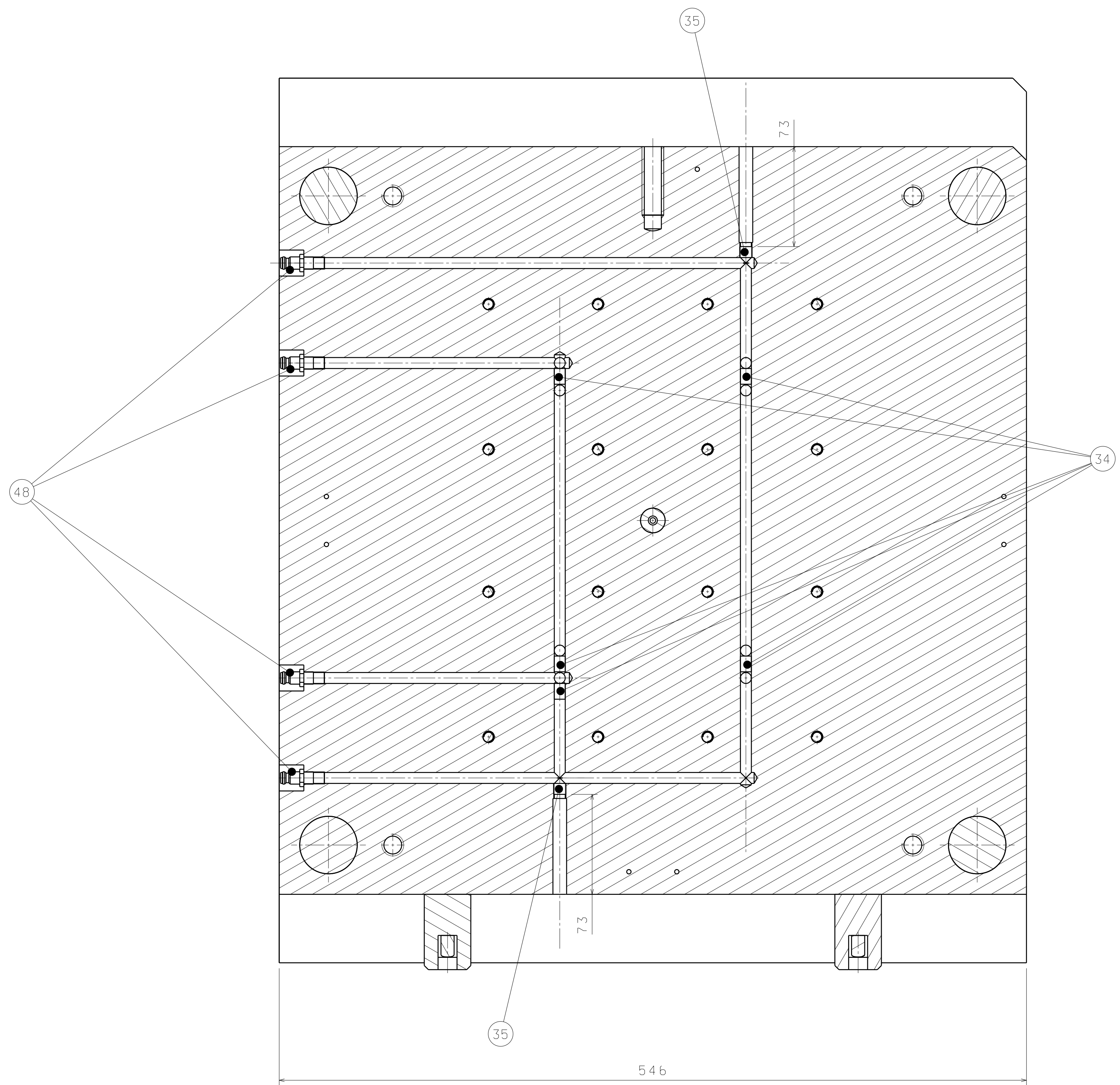


VYLISEK

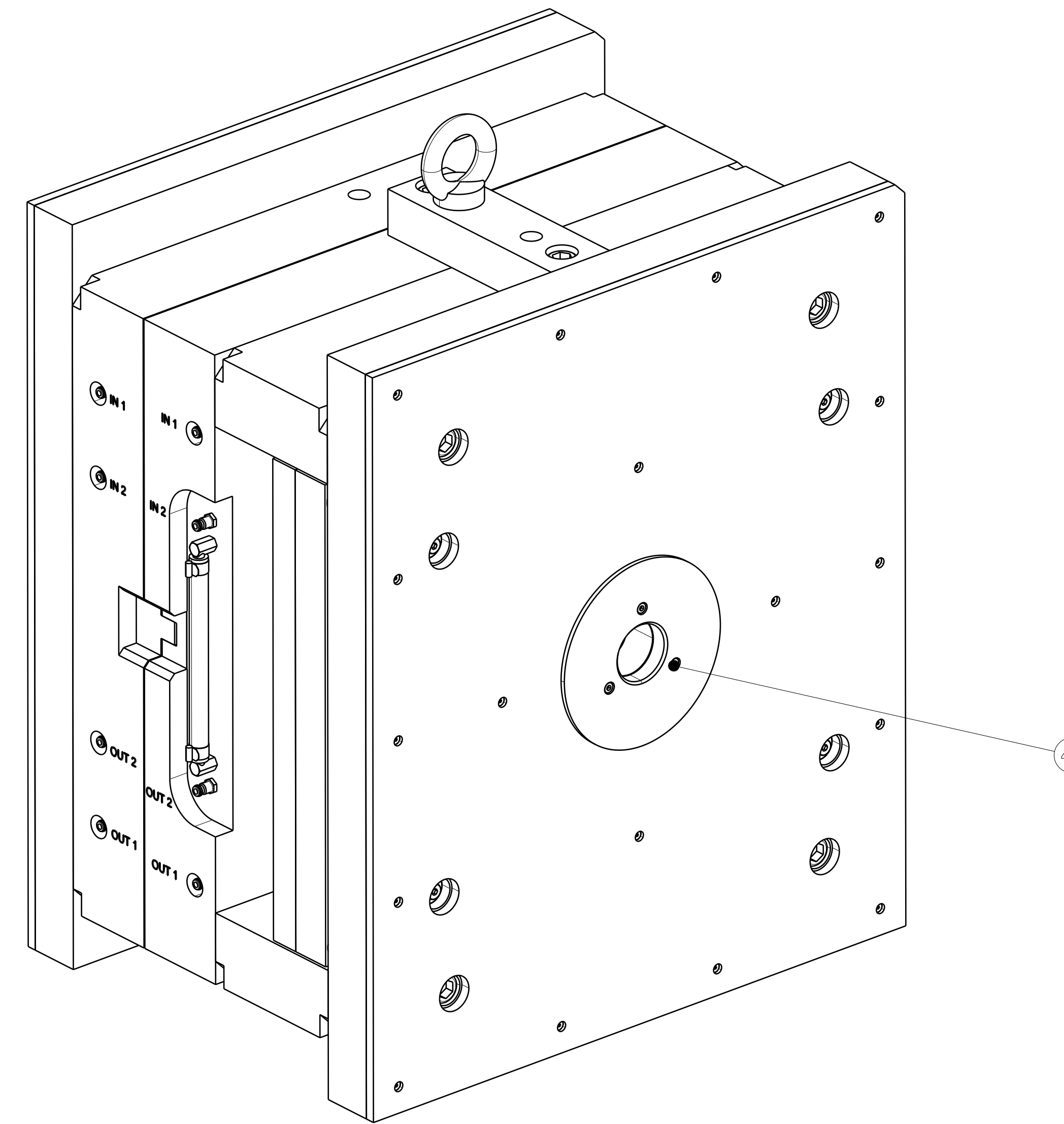
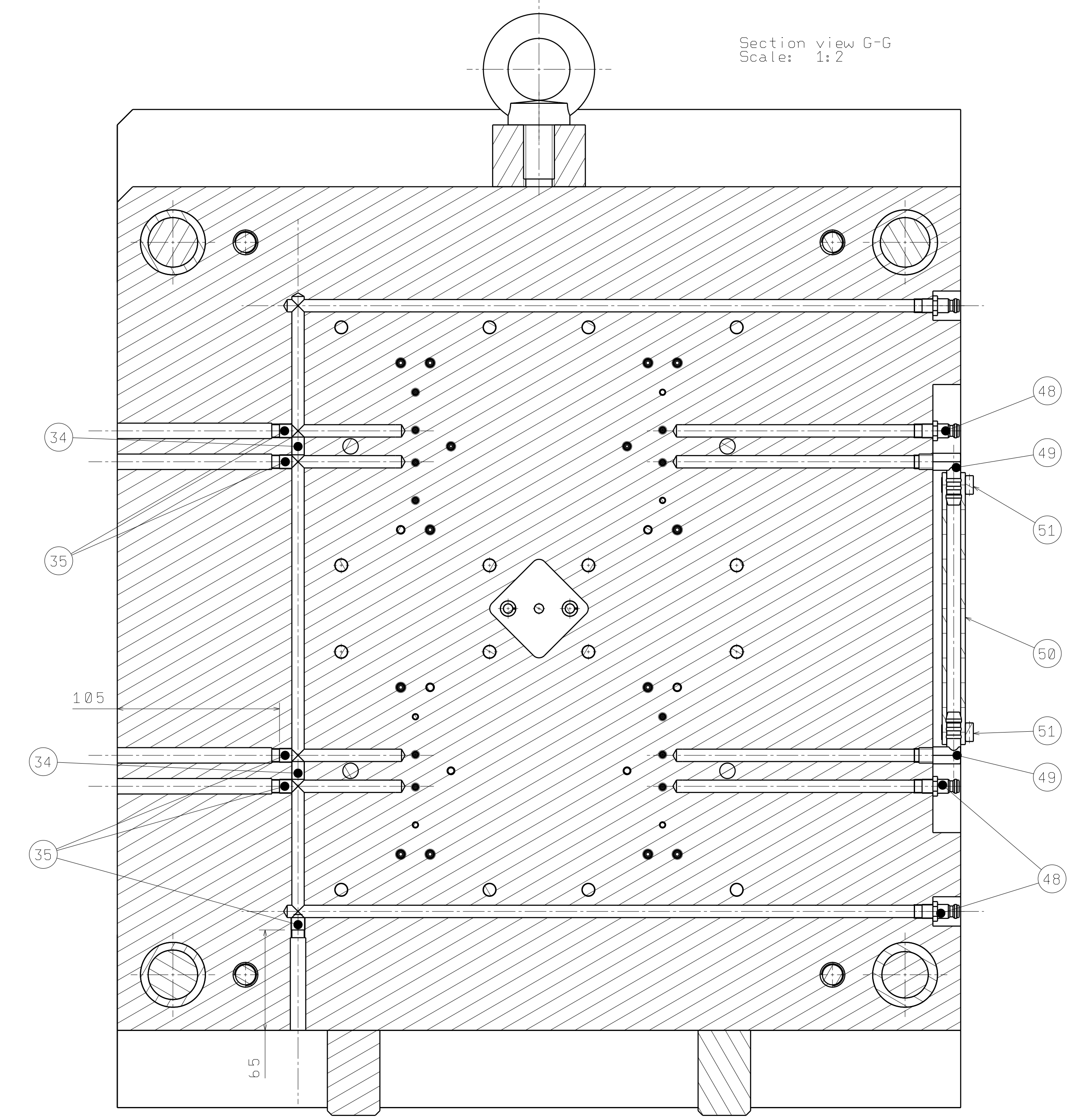


		TOLEROVANÍ ISO 8015 ISO 2768M	Zapadoceská univerzita v Plzni <small>Všechna práva vyhrazena/All rights reserved</small>
SCHVALIL - KONTROLOVAL - Kreslil JAN ZAHRADECKY	DATUM 15. 8. 2015 DATUM 15. 8. 2015 DATUM 29. 8. 2015	NAZEV VSTRIKOVACÍ FORMA <small>FORMA, CAD/PRODUCT</small> FORMÁT A0 CÍSLO VYKRESU JZ-BP-00-00-000	REV 0 MERITKO 1:1 Hmotnost(kg) 795,5 LIST 1/4

Section view F-F
Scale: 1:2



Section view G-G
Scale: 1:2

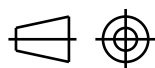


ISO 128		TOLEROVANÍ ISO 8015 ISO 2768K		NAZEV VSTRIKOVACÍ FORMA	
SCHVALIL	DATUM	SOUBOR	FORMA_KATPRODUCT	REV	
KONTROLOVAL	DATUM	FORMÁT	CÍSLO VYKRESU		
Kreslil JAN ZAHRADECKÝ	DATUM 29.8.2015	FORMÁT A0	CÍSLO VYKRESU JZ-BP-00-00-000	REV 0	
MERITKO 1:1		Hmotnost(kg) 795,5		LIST	2/4

Zapadoceská univerzita v Plzni
Všechna práva vyhrazena/All rights reserved

ROZPISKA DILU

POZ	NAZEV	VYKRES	NORMA	HMOT.	KS
1	UPINACI DESKA	JZ-BP-01-00-001	HASCO K11/546x546x46	124,6	1
2	TVAROVA DESKA	JZ-BP-01-00-002	HASCO K20/546x546x86	165,6	1
3	TVAROVA VLOZKA SESTAVA	JZ-BP-01-01-000	---	5,85	4
4	UPINACI DESKA	JZ-BP-02-00-001	HASCO K11/546x546x46	123,6	1
5	TVAROVA DESKA	JZ-BP-02-00-002	HASCO K20/546x546x86	162,4	1
6	LISTA	JZ-BP-02-00-003	HASCO K40- 546x546x136	32,5	1
7	LISTA	JZ-BP-02-00-004	HASCO K40- 546x546x136	32,5	1
8	TVAROVA VLOZKA	JZ-BP-02-01-000	---	7	4
9	PRIDRZOVAC VTOKU	JZ-BP-02-00-005	HASCO Z53- 18x56	0,1	1
10	VYHAZOVACI PAKET	JZ-BP-02-02-001	HASCO K60- 70/546x546	111,7	1
11	VODICI POUZDRO	----	HASCO Z1000W- 36x20	0,08	4
12	PRIRUBA	JZ-BP-02-02-002	---	0,6	1
13	VYHAZOVAC 6	JZ-BP-02-02-003	HASCO Z40- 6x200	0,04	1
14	VYHAZOVAC 3, 2	JZ-BP-02-02-004	HASCO Z40- 3, 2x200	0,01	16
15	VYHAZOVAC 4	JZ-BP-02-02-005	HASCO Z40- 4x200	0,02	4
16	VYHAZOVAC 4, 5	JZ-BP-02-02-006	HASCO Z40- 4, 5x200	0,025	16
17	VRATNY KOLIK	JZ-BP-02-02-007	HASCO Z40- 10x201	0,12	4
18	IZOLACNI DESKA	JZ-BP-02-00-006	HASCO Z121- 546x546x8	3,5	1
19	DRZAK	JZ-BP-02-00-007	----	0,08	1
20	PRIRUBA	JZ-BP-02-00-008	HASCO K501- 160x15	0,95	1
21	ZAVES	JZ-BP-02-00-009	---	3,4	1



ISO 128

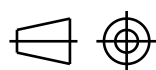
TOLEROVANI
ISO 80015
ISO 2768mK

Zapadoceska univerzita v Plzni

Vsechna prava vyhrazena/All rights reserved

SCHVALIL		DATUM		NAZEV		VSTRIKOVACI FORMA	
-		-		SOUBOR		FORMA.CATPRODUCT	
KONTROLOVAL		DATUM		FORMAT	CISLO VYKRESU		REV
-		-		A4	JZ-BP-00-00-000		0
Kreslil		DATUM		MERITKO	1:1	HMOTNOST(kg)	7925,5
JAN ZAHRADECKY		29.5.2015				LIST	3/4

POZ	NAZEV	VYKRES	NORMA	HMOT.	KS
22	STOJAN	JZ-BP-02-00-010	----	2,6	2
23	STOJAN	JZ-BP-01-00-003	----	0,85	2
24	IZOLACNI DESKA	JZ-BP-01-00-004	HASCO Z121-546x546x8	3,5	1
25	VTOKOVA VLOZKA		JZ-BP-01-00-005	0,35	1
26	VODICI SLOUPEK	---	HASCO Z00-86/32x75	1,5	3
27	VODICI SLOUPEK	---	HASCO Z00-86/30x75	1,46	1
28	VODICI POUZDRO	---	HASCO Z10-86x32	0,5	3
29	VODICI POUZDRO	---	HASCO Z10-86x30	0,45	1
30	STREDICI POUZDRO	---	HASCO Z20-42x160	0,75	4
31	STREDENI	---	HASCO Z085-50x33	0,47	4
32	PRIRUBA	---	HASCO K1000-160x15	0,95	1
33	STREDICI KAMEN	---	HASCO Z085-50x33	0,45	4
34	ZASLEPKA 8	---	HASCO Z942-8	0,004	9
35	ZATKA 9X1	---	HASCO Z94-9x1	0,003	6
36	SROUB M16X190	---	HASCO Z31-16x190	0,35	4
37	SROUB M16X55	---	HASCO Z31-16x55	0,13	14
38	SROUB M8X45	---	HASCO Z31-8x45	0,025	32
39	SROUB M6X32	---	HASCO Z31-6x32	0,01	16
40	SROUB M6X22	---	HASCO Z31-6x22	0,008	2
41	SROUB M5X22	---	HASCO Z31-5x22	0,005	16
42	SROUB M4X10	---	HASCO Z33-4x10	0,001	38
43	PODLOZKA 16	---	HASCO Z69-16x3,5	0,007	8
44	PODLOZKA 8	---	HASCO Z69-8x2	0,001	32
45	O KROUZEK	---	HASCO Z98-11/8x4	0,001	16
46	VODICI SLOUPEK	---	HASCO T2030-20x160	0,49	4
47	ZAMEK	---	HASCO Z73-16x25x63	0,18	1
48	HADICOVA SPOJKA	---	HASCO Z81-9/9x1	0,01	8
49	HADICOVA SPOJKA	---	HASCO Z89-9/10x1	0,02	2
50	HADICE	JZ-BP-02-00-011	HASCO Z85-9x176	0,02	1
51	HADICOVA SPONA	---	HASCO Z86-9	0,01	2
52	ZAVESNE OKO	---	HASCO Z710-20	0,45	1
53	DORAZ	---	HASCO Z55-28x3	0,01	4
54	KOLIK 4X10	---	HASCO Z25-4x10	0,001	1
55	KOLIK 4X14	---	HASCO Z25-4x14	0,001	2
56	PODLOZKA 6	---	HASCO Z69-6x1,6	0,001	2



ISO 128

TOLEROVANI
ISO 80015
ISO 2768mK

Zapadoceska univerzita v Plzni

Vsechna prava vyhrazena/All rights reserved

SCHVALIL		DATUM		NAZEV		VSTRIKOVACI FORMA	
-		-		SOUBOR		FORMA.CATPRODUCT	
KONTROLOVAL		DATUM		FORMAT	CISLO VYKRESU		REV
-		-		A4	JZ-BP-00-00-000		0
Kreslil		DATUM		MERITKO	1:1	HMOTNOST(kg)	7925,5
JAN ZAHRADECKY		29.5.2015				LIST	4/4

