

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor: **Bc. Ondřej Vočadlo**

Vedoucí práce: Ing. Petr Votápek, Ph.D.

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej VOČADLO**
Osobní číslo: **S12N0030P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Konstrukce vstřikovací formy s využitím sintrovaných dílů**
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:

Popište funkci vstřikovacích nástrojů a technologii vstřikování. Popište technologii laserového sintrování. Identifikujte díly formy vhodné pro výrobu metodou laserového sintrování. Pro zadaný výstřik zpracujte návrhy konstrukce formy. Porovnejte provozní vlastnosti formy se sintrovanými díly a formy bez sintrovaných dílů. Popište problematiku manipulace s formou.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Popis vstřikovacích forem a technologie vstřikování
2. Rešerše laserového sintrování
3. Návrhy konstrukce formy
4. Technické a ekonomické hodnocení
5. Závěr

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

ŘEHULKA, Z. *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů.* Praha: **SEKURKON s.r.o., 2008**

ZEMAN, L. *Vstřikování plastů.* Praha: **BEN - technická literatura, 2009**

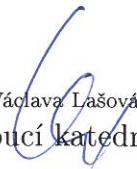
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Votápek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant diplomové práce: **Dipl. Ing. Pavel Fojtíček**
Robert Bosch, spol. s r.o.

Datum zadání diplomové práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání diplomové práce: **23. května 2014**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




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

V Plzni dne 23. září 2013

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Vočadlo	Jméno Ondřej	
STUDIJNÍ OBOR	2301T001 – Dopravní a manipulační technika		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Votápek, Ph.D.	Jméno Petr	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtně- te
NÁZEV PRÁCE	Konstrukce vstříkovací formy s využitím sintrovaných dílů		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	151	TEXTOVÁ ČÁST	62	GRAFICKÁ ČÁST	89
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	----

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem vstříkovací formy pro zadaný výstřik. Pro navrženou vstříkovací formu byly navrženy variantní návrhy chladičho systému využívajícího vrtané kanály a kanály sintrované. Varianty byly v závěru práce ekonomicky zhodnoceny a byla vytvořena výkresová dokumentace.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>Vstříkovací forma, vstříkovací stroj, výstřik, laserové sintrování, konformní chlazení, vyhazovací systém, odvzdušnění, chladičho systém, ekonomické hodnocení, manipulace</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Vočadlo	Name Ondřej	
FIELD OF STUDY	2301T001-Transport Vehicles and Handling Machinery		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Votápek, 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 Using Sintered Parts		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2014
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	151	TEXT PART	62	GRAPHICAL PART	89
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis deals with design of injection mould for the specified moulded part. For the designed injection mould were created alternative designs of cooling system using drilled channels and sintered channels. In the end of the thesis the alternative designs were economically evaluated and the drawing documentation was created.
KEY WORDS	Injection mould, injection moulding machine, moulded part, laser sintering, conform cooling, ejection system, venting, cooling system, economical evaluation, manipulation

Poděkování

Děkuji Ing. Petru Votápkovi Ph.D. za vedení diplomové práce, za jeho ochotu při předávání informací a poskytování cenných rad.

Dále děkuji konzultantům Ing. Pavlu Fojtíčkovi a Ing. Petru Hasmanovi za jejich rady a připomínky pramenící z praktických zkušeností a pomoc při tvorbě výpočtových simulací.

Obsah

1	Úvod	1
2	Vstřikování plastů	2
3	Vstřikovací cyklus	2
4	Vstřikovací forma	3
4.1	Rám formy	3
4.2	Vtokový systém	4
4.3	Temperační systém	4
4.4	Vyhazovací systém	5
4.5	Odvzdušnění	5
5	Vstřikovací stroj	6
5.1	Vstřikovací jednotka	6
5.2	Uzavírací jednotka	7
5.3	Ovládání a řízení vstřikovacího stroje	7
6	Laserové sintrování	8
7	Konformní chlazení	9
8	Výstřik	10
8.1	Materiál výstřiku	11
8.2	Smrštění výstřiku	12
8.3	Dělicí rovina	12
9	Návrh zaformování výstřiku	13
9.1	Tvárník	13
9.2	Tvárnice	14
9.3	Zajištění průchodnosti otvorů	14
9.4	Zaformování podkosů	15
10	Umístění vtoku	15
11	Násobnost formy	15
12	Návrh rozměrů rámu formy	16
13	Výpočet funkčních parametrů vstřikovacího stroje[4]	17
13.1	Zdvihová hmotnost plastu	17
13.2	Zdvihový objem plastu	18
13.3	Výpočet uzavírací síly	18
14	Volba vstřikovacího stroje	20
15	Rám formy	21
15.1	Sestava desek	21
15.2	Vodící, středící a spojovací součásti	22

15.3	Středící kroužky.....	22
16	Pevná část formy	23
16.1	Upínací deska pevné části formy.....	23
16.2	Deska tvárnice 1	24
16.3	Deska tvárnice 2	24
16.4	Vtokový systém.....	25
17	Boční šupáky	26
17.1	Malý šupák	26
17.2	Velký šupák	26
17.3	Pohyb šupáků.....	27
17.3.1	Délka kolíku malého šupáku	27
17.3.2	Délka kolíku velkého šupáku	27
17.4	Vedení šupáků a zajištění v pracovní poloze.....	28
17.5	Zajištění polohy šupáků v otevřené poloze	28
18	Pohyblivá část formy.....	29
18.1	Deska tvárníku 1	30
18.2	Deska tvárníku 2	30
18.3	Rozpěrky.....	31
18.4	Upínací deska pohyblivé části formy	31
19	Vyhazovací systém.....	32
19.1	Stírací deska.....	32
19.2	Opěrná a kotevní deska.....	33
19.3	Vedení vyhazovacího systému	33
19.4	Dopředný pohyb	33
19.5	Vratný pohyb	33
20	Elektromechanický koncový spínač.....	34
21	Čidla pro sledování parametrů vstřikovacího procesu	34
21.1	Teplotní čidlo.....	35
21.2	Tlakové čidlo	35
22	Moldflow simulace.....	36
22.1	Okrajové podmínky simulace	36
22.2	Výsledky simulace.....	36
22.2.1	Plnění dutiny	37
22.2.2	Teplota dutiny při odformování	37
22.2.3	Dotlak.....	38
23	Odvzdušnění formy	39
23.1	Dimenzování odvzdušnění[17].....	39

23.2	Místa uzavírání vzduchu.....	40
23.3	Návrh odvzdušnění	41
23.3.1	Odvzdušnění v hlavní dělicí rovině.....	41
23.3.2	Odvzdušnění nátrubku.....	41
24	Simulace průhybu desek.....	42
24.1	Okrajové podmínky	42
24.2	Výsledky	42
25	Simulace AeroFlow	43
25.1	Výsledky simulace.....	43
25.1.1	Tvárník	43
25.1.2	Tvárnice.....	43
26	Temperační systém – varianta 1	45
26.1	Temperační systém tvárníku.....	45
26.2	Temperační systém tvárnice a šupáku	45
26.3	Simulace tvárníku temperovaného vrtnými kanály	45
27	Temperační systém – varianta 2.....	47
27.1	Výběr sintrovaných dílů	47
27.1.1	Tvárník	48
27.1.2	Dlouhá jádra č. 6 a č. 7.....	48
27.1.3	Jádro č. 1	49
27.2	Temperace pohyblivé části formy	50
27.2.1	Jádra č.6 a č.7	50
27.2.2	Tvárník	50
28	Porovnání variant chladicího systému.....	52
28.1	Optimalizace sintrovaných kanálů.....	52
28.2	Stanovení časů cyklu pro jednotlivé varianty.....	53
29	Technickoekonomické hodnocení.....	54
29.1	Fixní náklady	54
29.2	Variabilní náklady	54
29.2.1	Strojní hodinová sazba	54
29.2.2	Strojní hodinová sazba – sazba na kus	54
29.2.3	Mzda obsluhy – cena na kus	55
29.2.4	Cena materiálu na kus	55
29.3	Stanovení nákladového bodu zvratu.....	55
30	Manipulace s formou.....	56
31	Závěr.....	57
32	Literatura	58

33	Seznam obrázků	60
34	Seznam tabulek	62
35	Použitý software	62
36	Seznam příloh.....	62

Seznam použitých zkratk a symbolů

CAD - Computer Aided Design

DMLS - Direct Metal Laser Sintering

STL - STereoLithography

POM - Polyoxymethylen

Symbol	Název	Jednotky
G	Hmotnost výstřiku	g
A	Hmotnost vtoku	g
n	Násobnost formy	-
α_x	Poměrová hodnota daného plastu	-
α_p	Poměrová hodnota polystyrenu	-
M	Zdvihová hmotnost plastu	g
V	Zdvihový objem plastu	cm ³
ρ	Hustota plastu	g/cm ³
F _u	Uzavírací síla	N
S	Průmět plochy výstřiku a vtokových kanálů do dělicí roviny	mm ²
p _v	Tlak plastu v dutině formy	MPa
K	Koeficient tekutosti plastu	-
l	Funkční délka šikmého kolíku	mm
h	Požadovaný zdvih šupáku	mm
v	Otevření formy bez pohybu šupáku (zpoždění)	mm
d	Průměr šikmého kolíku	mm
β	Úhel sklonu šikmého kolíku	°
Δd	Vůle šikmého kolíku v díře	mm
v _m	Otevření formy bez pohybu malého šupáku (zpoždění)	mm
l _m	Funkční délka šikmého kolíku malého šupáku	mm
v _v	Otevření formy bez pohybu velkého šupáku (zpoždění)	mm
l _v	Funkční délka šikmého kolíku velkého šupáku	mm
V ₁	Objem tvarové dutiny	m ³
γ	Měrná hustota vzduchu při teplotě 20°C	kg/m ³
T ₁	Teplota vzduchu v dutině formy před plněním	K
T ₂	Teplota stlačeného vzduchu	K
p ₁	Tlak vzduchu v dutině formy před plněním	kg/mm ²
p ₂	Tlak vzduchu v dutině formy na konci plnění	kg/mm ²
t	Čas plnění formy	s
G ₁	Hmotnost vzduchu v tvarové dutině formy	g
F	Minimální průřez odvzdušňovacích kanálů	mm ²
FN ₁	Fixní náklady první varianty	Kč
FN ₂	Fixní náklady druhé varianty	Kč
VN ₁	Variabilní náklady první varianty	Kč/ks
VN ₂	Variabilní náklady druhé varianty	Kč/ks
qkr	Kritické množství výstřiků	ks

1 Úvod

Výrobky z plastů rychle vytlačují výrobky z tradičních materiálů jako je dřevo, kov či sklo. Dochází také ke značnému snížení doby výroby plastového výrobku oproti podobnému výrobku z jiného materiálu. Plastové výrobky tedy mají velký potenciál. Jednou z možností výroby plastových výrobků je vstřikování. Samotná metoda vstřikování plastů má již dlouhou historii. Tato metoda dovoluje vyrobit výrobky složitých tvarů v krátkém čase a za poměrně nízké náklady, jelikož se obvykle vyrábí ve velkém množství. Dalším neméně důležitým přínosem je vysoká produktivita výroby a její plná automatizace. Tak dochází i ke splnění požadavků zákazníka na nízké ceny a rychlost dodání. Na vstřikovací nástroje jsou však v dnešním spotřebním světě kladeny čím dál vyšší nároky.[1]

Významným přínosem do tohoto oboru je výroba součástí formy sintrováním z kovových prášků. Tato metoda dovoluje vytvářet jak vnější tak vnitřní strukturu vyráběné součásti. Lze tedy vytvářet například komplikované chladicí systémy, které přinášejí dokonalejší vychlazení dutin formy, a dosáhnout tak významné úspory ve výrobním cyklu výstřiku. To opět přináší další zrychlení výroby a tedy i zlevnění konečného produktu.[2]

Právě návrhem vstřikovacího nástroje využívajícího díly vyrobené sintrováním se zabývá tato diplomová práce. Takto navržená forma bude poté porovnána s formou bez sintrovaných dílů a budou hodnoceny klady a zápory takovéto formy. Samotná práce je rozdělena na dvě hlavní části.

První část je teoretická. V této části je popsána problematika vstřikovacího procesu, vstřikovací forma, vstřikovací stroj a také laserové sintrování.

Druhá část je pak praktická a zabývá se samotným návrhem jednotlivých částí vstřikovací formy. Konstrukce vstřikovací formy je provedena ve dvou variantách, které se odlišují především v použitém systému chlazení. Tyto varianty budou po návrhu hodnoceny z hlediska jejich vlivu na náklady na výrobu výstřiku.

V závěru práce je dále rozebrána problematika manipulace se vstřikovací formou, ať již při servisování, převozu či provozu.

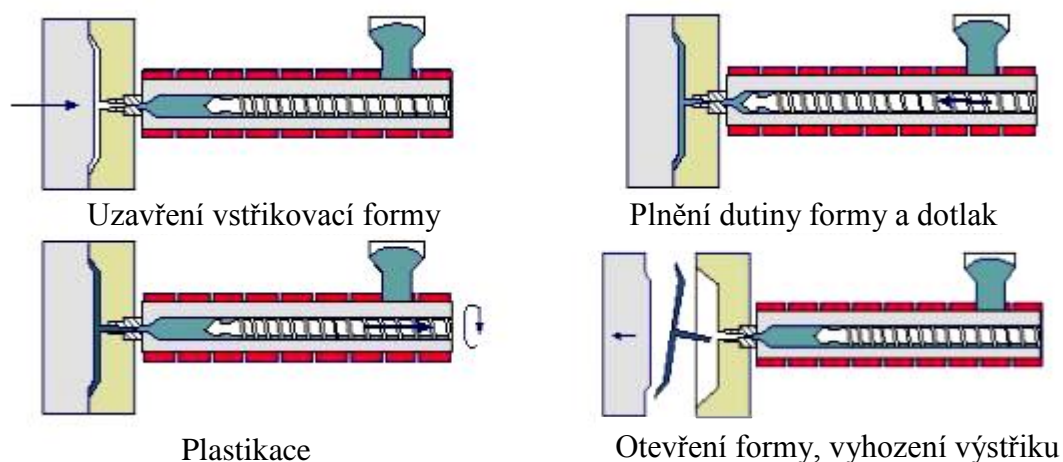
2 Vstřikování plastů

Vstřikováním se vyrábějí polotovary či konečné výrobky. Takto zhotovené výrobky jsou charakterizovány velmi dobrou rozměrovou a tvarovou přesností a vysokou reprodukovatelností mechanických a fyzikálních vlastností. Jedná se o nejpoužívanější technologii využívanou pro zpracování plastů. Touto technologií se zpracovávají téměř všechny termoplasty a v omezené míře i některé reaktoplasty a kaučuky. [3]

Vstřikováním se zpracovávají plasty tak, že je dávka zpracovávaného materiálu z pomocné tlakové komory vstříknuta do uzavřené tvarové dutiny kovové formy, kde vstříknutý plast zaujímá její tvar a tuhne ve finální výrobek. Výhodou této technologie je krátký čas cyklu, schopnost vyrábět složité součásti s žádanými tolerancemi rozměrů a velmi dobrou kvalitou povrchu, dále i možnost odstranění potřeby konečných úprav povrchu a montážních operací. Hlavní nevýhodou této technologie jsou pak vysoké prvotní investiční náklady, dlouhé doby výroby forem a velké zástavbové rozměry strojního zařízení, neúměrně velké v porovnání s vyráběným dílem.[3]

3 Vstřikovací cyklus

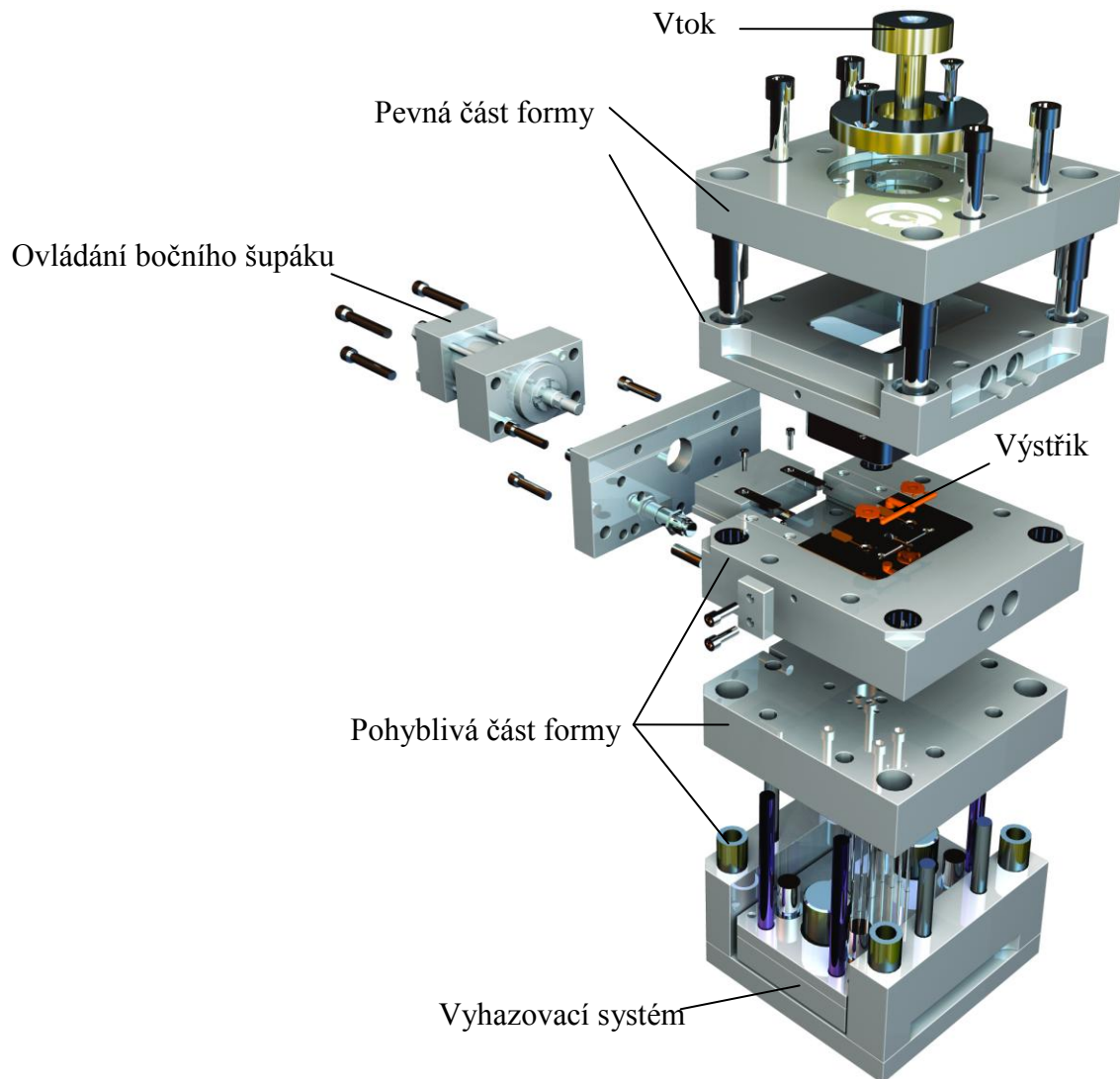
Na Obr.: 1 je schematicky zobrazen vstřikovací cyklus. Tento cyklus začíná prázdnou tvarovou dutinou a otevřenou vstřikovací formou. Stroj dostává impuls k zahájení vstřikovacího cyklu, pohyblivá část formy se přisune k pevné, forma se uzavírá a uzamyká. Poté dochází k pohybu šneku v tavicí komoře a začíná vstřikování taveniny do dutiny vstřikovací formy. V této fázi šnek vykonává axiální pohyb a neotáčí se, plní funkci pístu. Po naplnění formy dochází k dalšímu stlačení taveniny v dutině a tlak dosahuje maximální hodnoty. Při chladnutí dochází ke smrštění hmoty a zmenšení objemu, aby na výstřiku nevznikaly propadliny a staženiny, je nutno kompenzovat zmenšování objemu dotlakem taveniny do dutiny formy. Aby bylo možno taveninu dotlačovat, musí před čelem šneku zůstat určitý objem tekutého plastu. Další etapou je plastikace nové dávky plastu. Šnek se začíná otáčet, nabírá granulovanou hmotu z násypky, plastikuje ji a vytlačuje do prostoru před čelem šneku. Současně dochází k jeho pohybu vzad. Ohřev plastu se děje převodem tepla ze stěn válce, frikčním teplem, které vzniká třením plastu o stěny komory a o povrch šneku a dále přeměnou hnětací práce šneku v teplo. Pokud je tavicí komora opatřena uzavíratelnou tryskou, je možné plastikaci provádět i při otevřené formě. Dále může následovat odsunutí tavicí komory od formy. Po dokonalém zchladnutí výstřiku se forma rozevívá a výstřik je vyhozen z formy. [3]



Obr.: 1 Vstřikovací cyklus[3]

4 Vstřikovací forma

Vstřikovací forma je nástroj, který je upínán na vstřikovací stroj a v průběhu vstřikování plněn roztaveným plastem. Celá forma je složena z jednotlivých částí, které plní požadované funkce. Těmito funkčními systémy je vyhazování výstřiku, temperace formy a její odvodušnění. Dalším důležitým prvkem je rám formy, který je nositelem funkčních částí, a případně i posuvné boční čelisti apod. Sestava vstřikovací formy je zobrazena na Obr.: 2. [4]



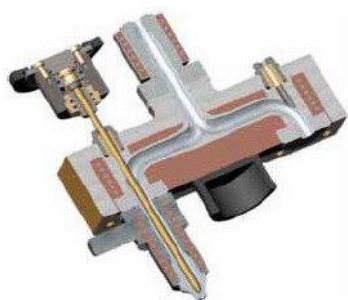
Obr.: 2 Sestava vstřikovací formy[5]

4.1 Rám formy

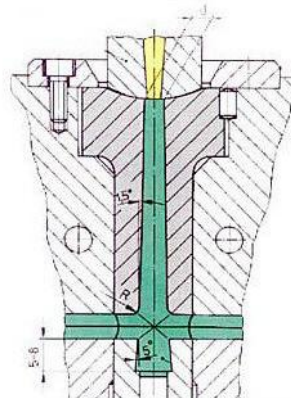
Rám formy tvoří základní stavební jednotku, v které jsou uloženy jednotlivé funkční části. Dělí se na pojízdnou a pevnou část. Rám formy je sestaven z desek a obsahuje vodící elementy pro pohyblivé části formy. Musí zajistit vystředění a bezpečné upnutí na vstřikovací stroj. [4]

4.2 Vtokový systém

Kvalita a jakost výstřiku je výrazně ovlivňována právě vtokovým systémem. Je tvořen ústími vtoku a systémem kanálů, které musí zajistit správné naplnění dutiny formy a snadné odtržení či vyhození vtokového zbytku. Druh a umístění ústí vtoku má značný vliv na proudění taveniny v dutině formy, vytváření studených spojů, orientaci makromolekul a plniva, rovnoměrnost krystalizace, anizotropii vlastností a rozměrů, povrchový vzhled apod. Vtokový systém musí plnit dutinu formy nejkratší cestou bez teplotních a tlakových ztrát, rychle a rovnoměrně. Vtokový systém může být rozdělen na vyhřívaný (Obr.: 3), u kterého nevzniká žádný vtokový zbytek (odpad), a studený (Obr.: 4), u kterého vzniká vtokový stromeček.[3]



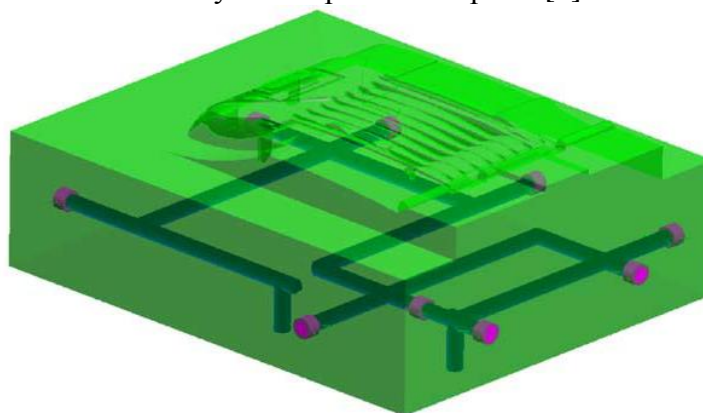
Obr.: 3 Vyhřívaný vtok[3]



Obr.: 4 Studený vtok[3]

4.3 Temperační systém

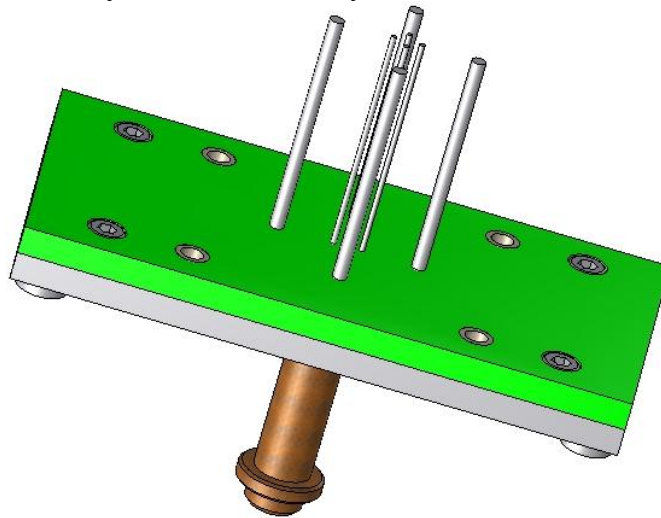
Pro dosažení konstantních teplotních podmínek je nutné využít temperačního systému (Obr.: 5), který je tvořen soustavou kanálů, jimiž proudí chladící či vyhřívací medium. Optimální teplota uvnitř nástroje je dosažena ochlazováním případně vyhříváním celé formy nebo její části. Temperace napomáhá dosáhnout optimálně krátkého (tedy ekonomického) pracovního cyklu vstřikování při zachování technologických požadavků na výrobu. Dále má významný vliv na plnění tvarové dutiny a zajišťuje optimální tuhnutí a chladnutí plastu. Při každém vstřiku je vnášeno do formy teplo, které je nutné odebrat temperačním systémem, aby byly zajištěny stejné teplotní podmínky i pro každý další výrobek. Naopak po ustavení formy do stroje je třeba vstřikovací formu vyhřát na provozní teplotu.[4]



Obr.: 5 Příklad temperačního systému[6]

4.4 Vyhazovací systém

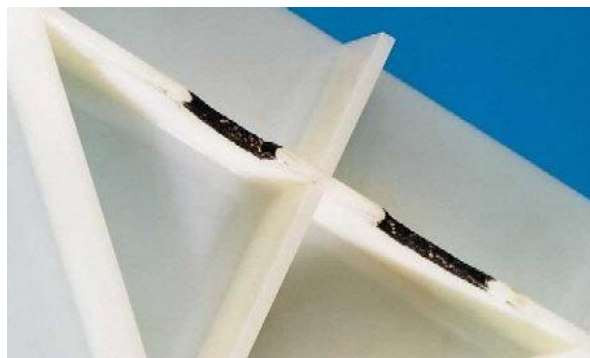
Vyhazovací systém (Obr.: 6) slouží k vytlačování nebo vysunutí zhotoveného výstřiku z formy. Tento systém napomáhá zajistit automatizaci výrobního cyklu. Vyhazování má dvě fáze. V první fázi se koná dopředný pohyb, který zajišťuje vlastní vyhození výstřiku. V druhé fázi se koná zpětný pohyb, kdy se vyhazovací systém vrací do původní polohy. Prvky vyhazovacího systému, které přicházejí do přímého kontaktu s výstřikem, se nazývají vyhazovače. Vyhazovače mohou vytvářet funkční povrchy dutin formy. Umísťují se především na nepohledovou stranu výstřiku, kde jejich otisknutí nepůsobí estetické problémy. Pohyb vyhazovacího systému je zajištěn axiálně seřiditelným narážecím kolíkem, hydraulickým či pneumatickým zařízením nebo ručně nejrůznějšími mechanismy. Zpětný pohyb je pak zajištěn vratnými kolíky, pružinami, hydraulickým nebo vzduchovým zařízením.[4]



Obr.: 6 Příklad vyhazovacího systému[7]

4.5 Odvzdušnění

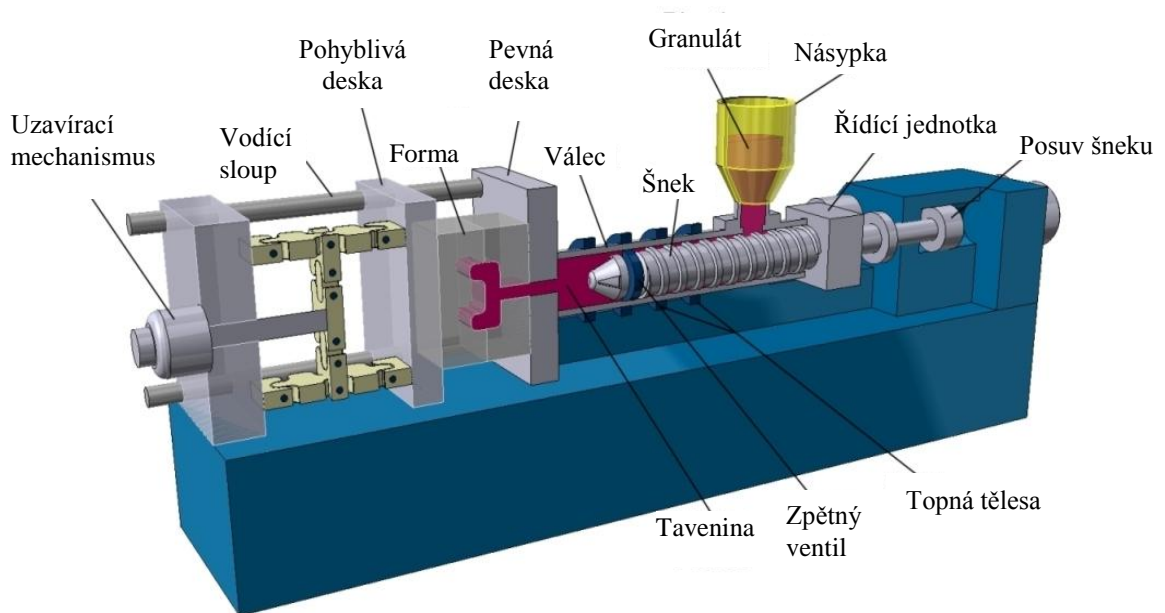
Vzhledem ke krátké době vstřiku je odvzdušnění tvarové dutiny formy velmi důležité. Bez odvzdušnění může docházet k nedokonalému vyplnění tvarové dutiny taveninou plastu, k nebezpečnému zvýšení tlaku, k poklesu pevnosti v místech studených spojů nebo k tzv. diesel efektu (Obr.: 7), kdy dochází až ke spálení výstřiku. Odvzdušnění se provádí odvodem vzduchu netěsnostmi v dělicí rovině, odvzdušňovacími kanálky, odvzdušňovacími vložkami apod. Umístění odvzdušnění u jednoduchých výstřiků určuje konstruktér ze zkušenosti, u složitějších výstřiků je třeba využít simulaci plnění.[8]



Obr.: 7 Diesel efekt[3]

5 Vstřikovací stroj

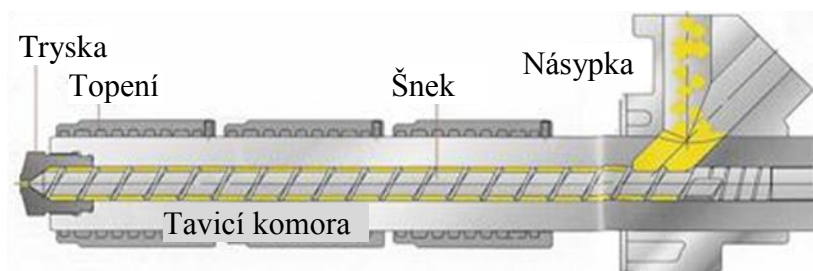
Od vstřikovacího stroje (Obr.: 8) se vyžaduje, aby kvalitou svých parametrů a řízením zajišťoval výrobu kvalitních výstřiků. Konstrukce vstřikovacího stroje je charakterizována podle vstřikovací jednotky, uzavírací jednotky, ovládní a řízení stroje. V současnosti se nejčastěji používají hydraulické nebo hydraulicko-mechanické stroje. Ovládací a řídicí prvky jsou umístěny na panelu vstřikovacího stroje nebo v elektrorozvodné skříni se zásuvkami a vypínači. Vstřikovací stroj pro přesné výstřiky musí být tuhý a pevný při vstřiku, mít konstantní tlak, rychlost, teplotu apod., jejich časování a mít přesnou reprodukovatelnost technologických parametrů. [9]



Obr.: 8 Vstřikovací stroj[10]

5.1 Vstřikovací jednotka

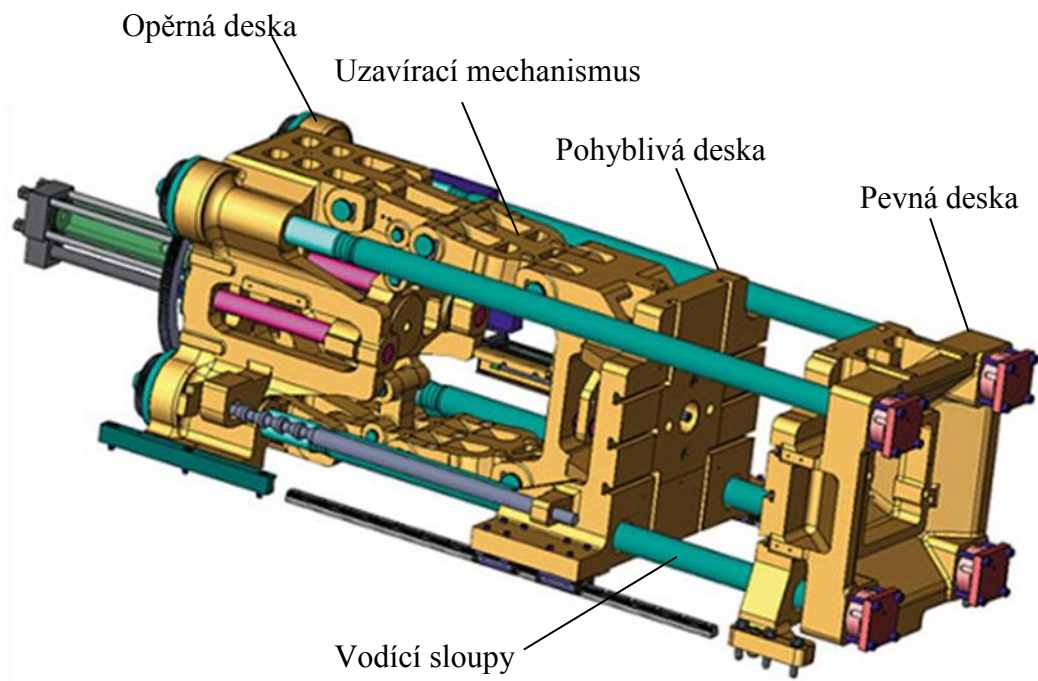
Vstřikovací jednotka (Obr.: 9) slouží k přípravě a dopravě požadovaného množství plastu s předepsanými technologickými parametry do formy. Pracuje tak, že do tavné komory pohybem šneku dopravuje zpracovávaný plast z násypky. Tento plast postupně plastikuje, homogenizuje a hromadí se před šnekem, který současně odtlačuje do zadní polohy. Při vstřiku taveniny se šnek přestává točit, dopředu se pohybuje a funguje jako píst. Tavná komora je zakončena vyhřívanou tryskou, která spojuje vstřikovací jednotku s formou.[9]



Obr.: 9 Vstřikovací jednotka[3]

5.2 Uzavírací jednotka

Uzavírací jednotka (Obr.: 10) zajišťuje dokonalé uzavření, otevření a případné vyprázdnění formy. Musí vyvinout tak velkou uzavírací sílu, aby nedovolila odlehnutí těsnících ploch při působení vstřikovacího tlaku. Pokud by došlo k odlehnutí těsnících ploch, vznikaly by přestřiky, které znehodnocují výstřik. Hlavními částmi uzavírací jednotky jsou pevná deska, pohyblivá deska, opěrná deska pevně spojená s rámem, vodící sloupy a uzavírací mechanismus. [9] Pevná deska uzavírací jednotky slouží k upevnění pevné desky vstřikovací formy, pohyblivá deska pak slouží k upevnění pohyblivé části formy. V opěrné a pohyblivé desce je upevněn uzavírací mechanismus, který zajišťuje posun pohyblivé desky uzavírací jednotky. Uzavírací mechanismu může být hydraulický, mechanický, kombinací hydraulického a mechanického systému či elektrický. [3] Vodící sloupy slouží k vedení pohyblivých částí uzavírací jednotky vůči částem pevným. Tyto sloupy omezují zástavbové prostory pro umístění vstřikovací formy. Forma by měla být konstruována tak, aby prošla mezi sloupy uzavírací jednotky. Pokud je tato podmínka splněna, je upnutí formy na stroj značně zjednodušeno, jelikož není nutné z uzavírací jednotky nic demontovat.[4] Vstřikovací a uzavírací jednotka mohou mít vůči sobě různou polohu, nejčastější však bývá horizontální poloha vstřikovací i uzavírací jednotky, jedná se o vstřikování kolmo na dělicí rovinu formy. [3]



Obr.: 10 Uzavírací jednotka[11]

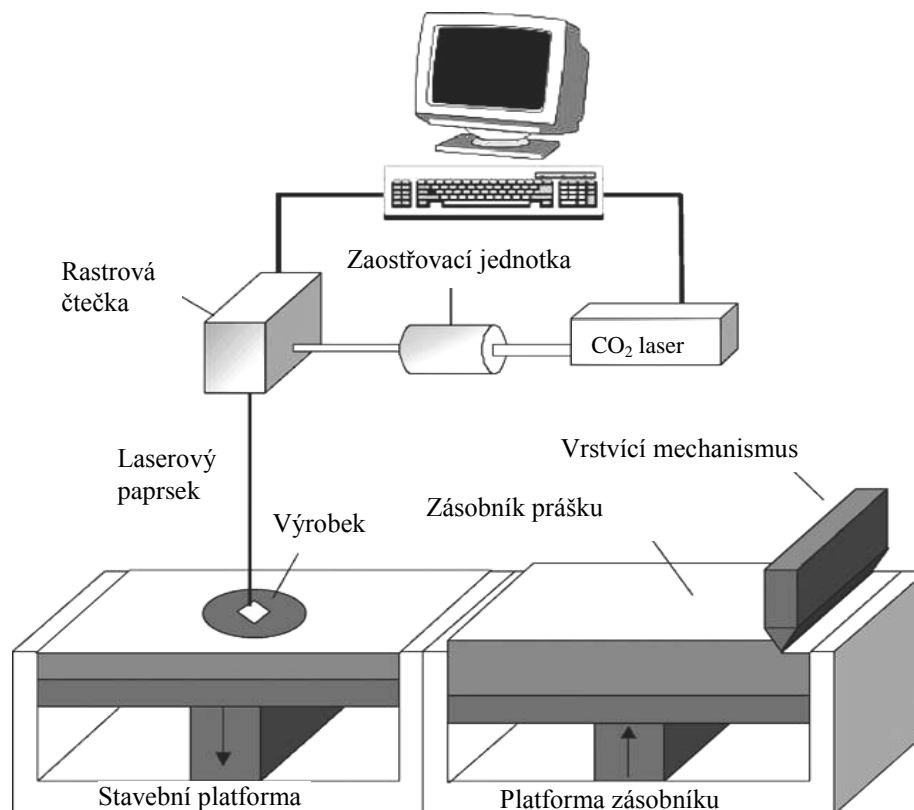
5.3 Ovládání a řízení vstřikovacího stroje

Pro výrobu přesných výstřiků je nutné dodržet stále stejné technologické parametry. K nastavení těchto parametrů slouží ovládání stroje, řízení stroje je pak zajištěno řídicími a regulačními prvky. V současnosti se parametry vstřikovacího procesu nejčastěji nastavují pomocí grafického displeje se selektivním přístupem k jednotlivým parametrům stroje. Vstřikovací cyklus sestavený do jednotlivých programových úseků je pak snadno kontrolovatelný a opravitelný.[9]

6 Laserové sintrování

Laserové sintrování je perspektivní metodou výroby součástí přímo z 3D dat navržených v CAD systémech. Z počátku byla tato metoda využívána k výrobě prototypů z plastů. Tím bylo dosaženo zrychlení výroby prototypu a tím i zkrácení doby vývoje produktu. S postupným vývojem laserového sintrování mohlo být přistoupeno k výrobě funkčních součástí přímo z kovů označované jako DMLS neboli Direct Metal Laser Sintering. Vzhledem ke své nákladnosti je tento proces zatím vhodný spíše pro nízko objemovou výrobu součástí z těžkoobrobitelných materiálů či složitých součástí s vysokou užitnou hodnotou pro automobilový či letecký průmysl. [12]

Proces DMLS je zobrazen na Obr.: 11. Stroj se sestává ze zařízení pro nakládání s práškem, laseru a příslušné optiky a řídicího počítače. Na začátku procesu je nejdříve model konvertován do STL formátu, obalová plocha modelu je rozdělena na trojúhelníky. Řídicí počítač dále rozdělí model na 0,05 mm silné horizontální vrstvy. Po přípravě modelu následuje sintrovací proces. Nejdříve se do stavební platformy vloží a ustaví základová ocelová deska. Poté je na tuto desku pomocí vrstvicího mechanismu nanese tenká vrstva prášku (0,05 mm). Poté počítač na prášek nasměruje laser. Energie laseru způsobí vzájemné zapečení částecek prášku. Po spečení první vrstvy se stavební platforma sníží o jednu vrstvu, o stejnou hodnotu se zvýší platforma zásobníku a nanese se další vrstva prášku. Tento cyklus je opakován, dokud není vystavěna kompletní součást, přičemž nespečený prášek funguje po celou dobu výroby jako podpora vytvářené součásti. Celý proces probíhá v uzavřené komoře s inertní atmosférou (dusík nebo argon) kvůli zabránění oxidaci. [13]

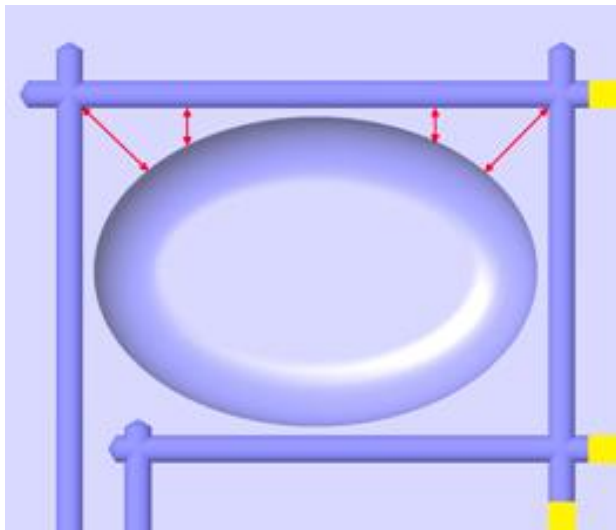


Obr.: 11 Proces DMLS[12]

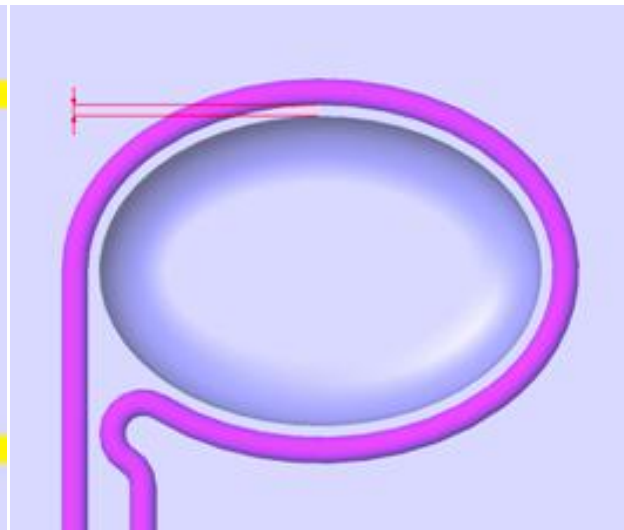
7 Konformní chlazení

Chladicí kanály vstřikovacích forem jsou dnes především vrtány (Obr.: 12). Tento způsob výroby chladicích kanálů přináší komplikace při požadavku na optimální chlazení formy, především kvůli tvarově složitým dutinám formy. Dále je nutné se vyhnout vyhazovačům a výsuvným vložkám. Chladicí soustava sestavená z kombinace přímých vrtaných kanálů nedovoluje kopírovat tvarovou zakřivenost dutiny formy. Výsledný chladicí systém tedy není ideální. Přínosem do této problematiky je právě dříve zmiňovaná technologie DMLS, která nabízí velké možnosti z hlediska tvaru a umístění kanálů. Konformní chlazení, zobrazené na Obr.: 13, je tedy charakterizováno chladicími kanály kopírujícími tvar dutiny vstřikovací formy v nejkratší možné vzdálenosti od povrchu. Takovéto chladicí kanály přinášejí rovnoměrnější rozložení teploty v dutině formy a rychlejší chlazení či ohřev dutiny.[2]

Využitím konformního chlazení lze dosáhnout zkrácení doby chladicího cyklu až o 50%, zvýšení rozměrové přesnosti a snížení deformací vylisku. Dalším přínosem je také homogenní odvod tepla z dutiny formy. Chladicí okruh je optimalizován z hlediska vylisku a ne dle výrobních možností a může být navrhován s absolutní volností tvaru, viz Obr.: 14. [14]



Obr.: 12 Vrtané chladicí kanály[14]



Obr.: 13 Konformní chlazení[14]

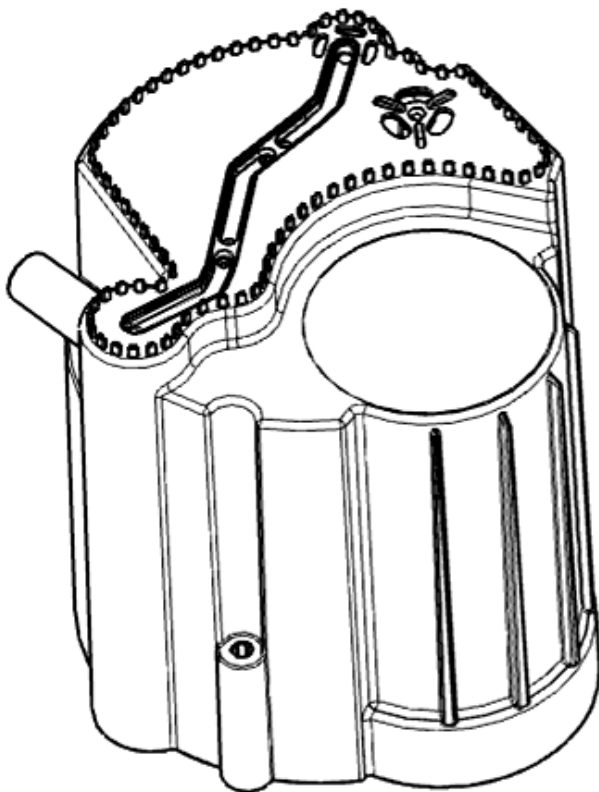


Obr.: 14 Prostorové vedení chladicích kanálů ve vložce formy[14]

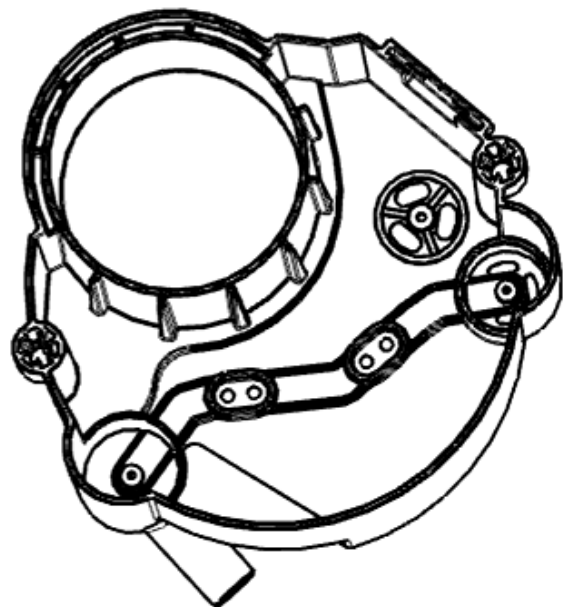
8 Výstřík

Zadavatelem úkolu byl jako vstříkovaný díl určen hrnec nádržového čerpadlového modulu. Jedná se o tvarově složitý díl, v němž je integrováno množství funkcí. V hrnci je osazeno elektrické palivové čerpadlo, palivový filtr, filtr hrubých částic na dně hrnce, čidlo palivoměru a regulátor tlaku. V dolní části hrnce se nachází nátrubek pro palivo z jedné poloviny nádrže a otvor ve dně pro odběr paliva z druhé poloviny nádrže. Dále je zde umístěn jednocestný ventil sloužící pro první naplnění hrnce palivem. Na hrnec navazuje příruba, která obsahuje elektrické konektory a nátrubky pro připojení k ostatním částem automobilu. Tato příruba je poté připevněna z horní strany nádrže. Příruba je s hrncem pružně spojena tak, aby bylo zajištěno neustálé přitlačování hrnce ke dnu nádrže.

Výstřík může být dále charakterizován jako tenkostěnná nádoba o tloušťce cca 1,5 mm, výšce cca 130 mm a maximální šířce cca 114 mm. Na výstříku se nachází množství problematických míst. Jedná se především o drobné otvory, otvory a nátrubky pro plnění pohonných hmot a dále místa náročná na dodržení tvaru a rozměrů, jde o místa určená k navařování dalších plastových dílů jako například kanálky ve dně výstříku. Na výstříku také nebylo možné vzhledem k technologickým požadavkům dodržet konstantní tloušťku stěny a to především u dlouhých žeber a ve dně tlakové nádoby.



Obr.: 15 Hrnec z vnější strany



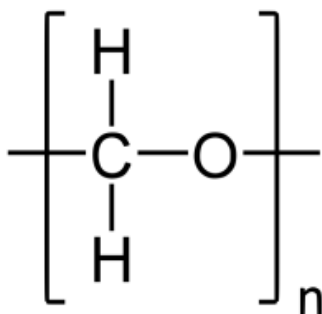
Obr.: 16 Hrnec z vnitřní strany

8.1 Materiál výstřiku

Jako vstřikovaný materiál byl zadavatelem úkolu určen polyoxymethylen, který je v současnosti k výrobě nádržových modulů používán.

Polyoxymethylen (POM), neboli polyacetal, acetal či polyformaldehyd, je plast určený především pro výrobu vstřikováním, vytlačováním, vyfukováním a rotačním tvarováním. V současné době je polyoxymethylen vyráběn mnoha výrobci, z nichž každý jej označuje svou obchodní značkou. Jedná se například o Hostaform a Celcon (Ticona), Delrin (DuPont), Duracon (Polyplastic), Ultraform (BASF), Kocetal (Kolon Plastics), Tarnoform (Zaklady), Yuntianhua POM (Yuntianhua) a BlueStar POM (BlueStar).[15]

Polyoxymethylen se vyznačuje řadou vynikajících vlastností jako vysoká tuhost, nízké opotřebení, dobrá pružnost a nízká nasákavost vody. Z těchto důvodů se používá především pro technické díly, kdy výše zmíněné vlastnosti vynikají nad ostatními plasty. Polyoxymethylen se typicky používá na ozubená kola, pružiny, řetězy, šrouby, rukojeti, zipy, svorky, palivová čerpadla a inhalátory.[15]



Obr.: 17 Chemický vzorec POM[15]

Polyoxymethylen může být dále rozdělen do dvou skupin a to POM homopolymer a POM kopolymer. Pokud dojde k přímé polymeraci formaldehydu, vycházejícího z metanolu, vzniká POM homopolymer. Homopolymer má vyšší tuhost v porovnání s kopolymerem. Při výrobě POM kopolymeru je formaldehyd nejdříve převeden na trioxan a poté polymerizován s co-monomerem na POM kopolymer. Kopolymer se v porovnání s homopolymerem vyznačuje vyšší chemickou odolností a menší tepelnou degradací při výrobě a použití.[15]

Vstřikovaný plast tedy musí být dále blíže specifikován. Vzhledem ke své vyšší chemické odolnosti a nízké nasákavosti byl jako vstřikovaný materiál vybrán POM-C, tedy polyoxymethylen kopolymer. Tento materiál se jeví jako vhodnější pro aplikaci tohoto typu. Konkrétně byl po konzultaci se zadavatelem vybrán materiál Ultraform S2320 003 od výrobce BASF.

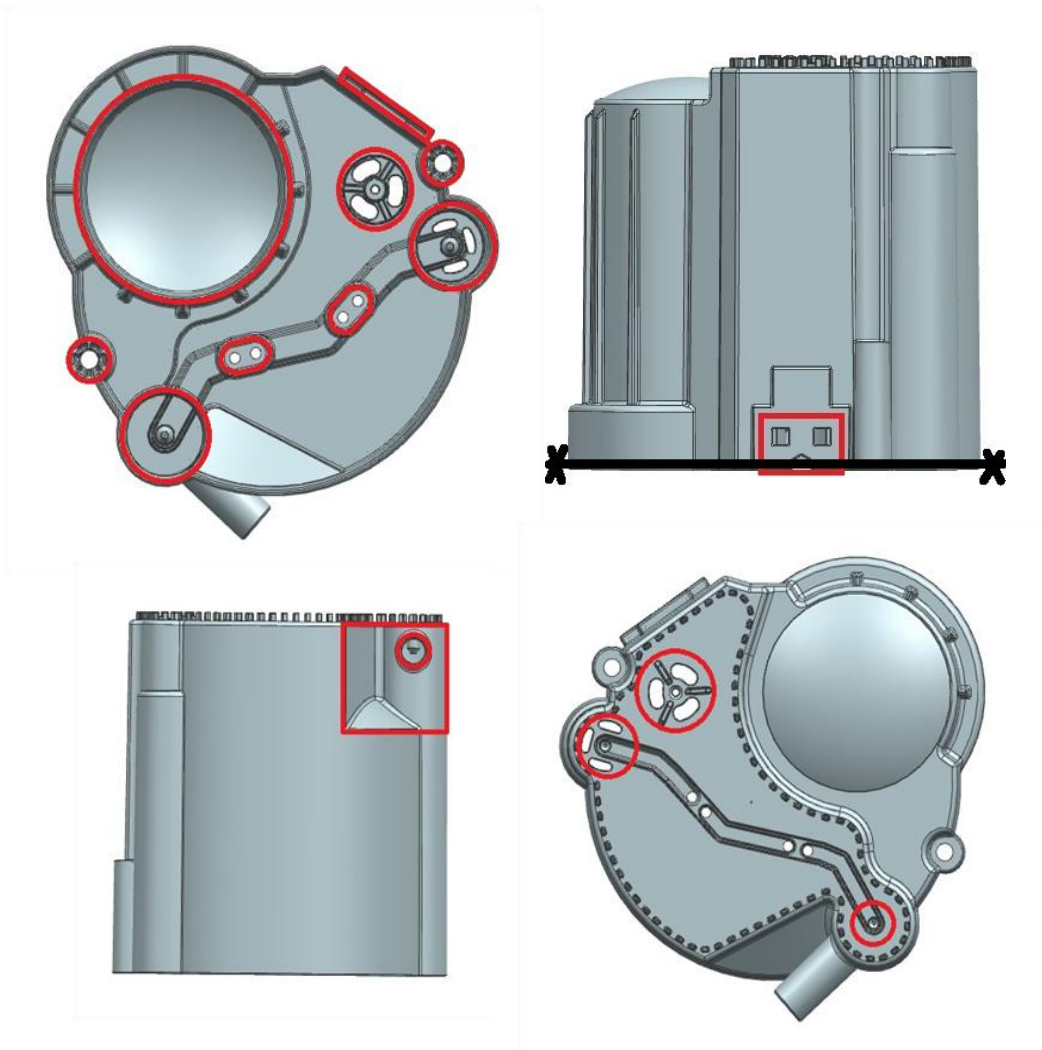
POM-C se vyznačuje vysokou houževnatostí i při nízkých teplotách až do -40°C , vynikající odolností proti oděru, dobrými kluznými vlastnostmi, vysokou tuhostí a pevností v širokém teplotním rozmezí, odolností vůči opakovaným rázům, velmi dobrou teplotní odolností, vynikající rozměrovou stálostí, dlouhodobou odolností vůči krípu, vysokou únavovou pevností v ohybu, vynikající odolností vůči vlhkosti a pohonným hmotám, snadnou zpracovatelností vstřikováním a vytlačováním, vhodností pro dvoukomponentní vstřikování.[16]

8.2 Smrštění výstřiku

Smrštění může být definováno jako objemová změna při tuhnutí polymerních tavenin, jejíž základní příčinou je stlačitelnost, tepelná rozpínavost, kontrakce plastu a krystalizační změny. Aby výsledný výrobek dosahoval žádaných rozměrů, musí být tvarová dutina formy vyrobena větší o dané smrštění.[17] V případě zvoleného materiálu Ultraform S2320 003 smrštění dosahuje hodnoty 2,1%.[18] O tuto hodnotu tedy budou muset být zvětšeny rozměry dutiny formy.

8.3 Dělicí rovina

Na výstřiku byla navržena jedna hlavní dělicí rovina a další dělicí roviny pomocné. Hlavní dělicí rovina kopíruje rádius v rozevřené části výstřiku dle Obr.: 18 (černá barva). Pomocné dělicí roviny slouží k zaformování podkosů výstřiku a vznikají i v místech, kde budou umístěna jádra, viz Obr.: 18 (červená barva). Podkosy budou vytvořeny pomocí bočních šupáků. Tímto způsobem bude muset být vytvořen nátrubek v horní části výstřiku a také otvory ve spodní části. Další pomocné dělicí roviny se nacházejí v oblasti uložení jader. Tato jádra slouží k zjednodušení případně umožnění výroby jednotlivých částí formy a také k usnadnění servisu u potenciálně poruchových částí formy.



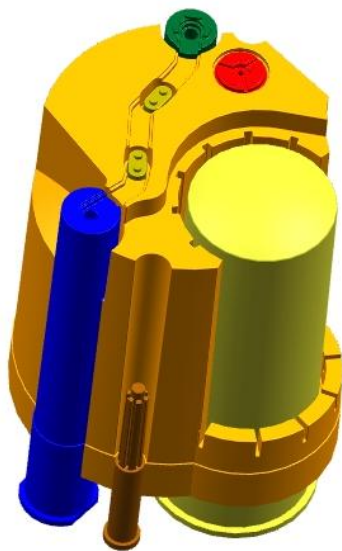
Obr.: 18 Dělicí rovina – hlavní dělicí rovina černě, pomocné dělicí roviny červeně

9 Návrh zaformování výstřiku

Po rozvržení hlavních a vedlejších dělicích rovin mohlo být přistoupeno k návrhu tvarových částí formy, které budou v přímém styku s taveninou a budou utvářet vlastní výstřik. Při návrhu těchto částí muselo být počítáno s jejich uchycením ve formě a také s prostorem potřebným pro odvodu vzduchu, chlazení a vyhazování. Navržené tvarové díly jsou rozděleny na tvárník a tvárnici.

9.1 Tvárník

Tvárník je tvarová funkční část, která je uložena v pojízdné části formy. Z Obr.: 19 a Obr.: 20 je patrné, že se tvárník skládá z jedné hlavní části (tmavě žlutá) a několika jader, která jsou barevně odlišena. Základní tvar tvárníku vznikl z válce oříznutím tvarovými plochami výstřiku. Vzniklý komplikovaný tvar byl poté ještě upraven vyříznutím míst, kde budou jádra umístěna. Tato jádra byla podobně jako tvárník vytvořena ze základních válců či kvádrů, umístěných v tvárníku a vyřezána pomocí tvarových ploch výstřiku nacházejících se v příslušném místě. Tímto je zajištěna dokonalá návaznost tvarových ploch. Při návrhu jader bylo již počítáno s chladicím systémem, a proto tato jádra probíhají celým tvárníkem tak, aby do nich mohly být přivedeny chladicí kanály. Některá jádra však nepůjdou vychladit z důvodu jejich malých rozměrů. Tvárník i s jádry je nalinkován s výstřikem v pomocné sestavě, při úpravách výstřiku je tedy zajištěna i automatická úprava tvarových ploch na tvárníku a jádrech a je tak zajištěna aktuálnost tvarových ploch dutiny formy vzhledem k výstřiku. Při návrhu vyvstal problém s uchycením tvárníku a jader do formy, tak aby byl zajištěn prostor i pro navazující prvky formy jako je chlazení, odvodu vzduchu a vyhazování. Jelikož by uchycení pouze do jedné desky nevyhovovalo, byl zvolen systém dvou desek. Tvárník bude pevně uchycen do první z desek pomocí šroubových spojů. Jádra budou umístěna v druhé desce formy, přičemž první deska je bude zespod podepírat. Vzhledem k tomu, že jádra nejsou symetrická a jsou převážně válcového tvaru, musí být ošetřeno i jejich pojištění proti rotaci. Toho je dosaženo pomocí seříznutí osazení, za které je jádro upevněno v druhé desce formy. Na tvárník přímo navazuje vyhazovací systém (kapitola 19), temperační systém (kapitola 26 a 27) a odvodu vzduchu systém (kapitola 23).



Obr.: 19 Tvárník



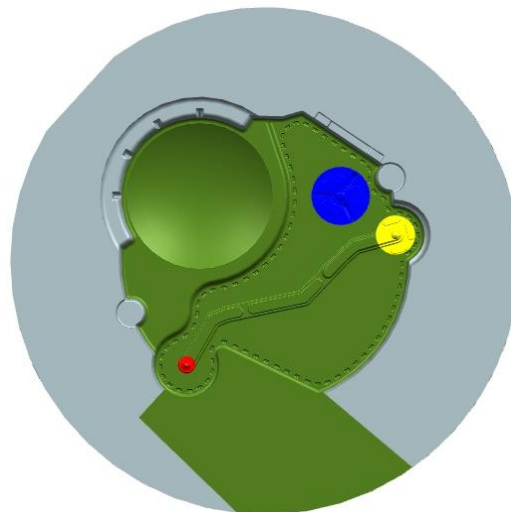
Obr.: 20 Tvárník druhá strana

9.2 Tvárnice

Tvárnice (Obr.: 21 a Obr.: 22) je tvarově funkční část formy uložená v pevné části formy. Tvárnice se sestává ze dvou hlavních částí a několika jader. K rozdělení tvárnice na dvě části bylo přistoupeno z důvodu snazší vyrobitelnosti tvarových ploch. Obě části budou spojeny šroubovými spoji. Tvárnice byla vytvořena ze dvou válců, které byly ořezány pomocí tvarových ploch výstřiku. Obdobně jako u tvárníku byly vytvořeny otvory v místech jader. Do těchto otvorů byla jádra umístěna a až poté byly vytvořeny tvarové plochy, tak aby byla zajištěna vzájemná návaznost ploch. Tvárnice vznikala společně s tvárníkem (kapitola 9.1) v pomocné sestavě a je s výstřikem provázána, je tedy u ní také zajištěna aktuálnost dat vzhledem k výstřiku. Pro uložení tvárnice bylo voleno, podobně jako u tvárníku, dvou desek, které byly zvoleny z důvodu snazší vyrobitelnosti, servisování a manipulace. V jedné z desek bude upevněna zelená část tvárnice, v druhé desce pak bude upevněna šedá část tvárnice (Obr.: 21). Tvarová jádra jsou upevněna v zelené části tvárnice pomocí osazení a stejně jako u tvárníku zajištěna proti pohybu pomocí jeho oříznutí. Tímto způsobem vznikla ploška, která zamezuje rotaci jádra v jeho uložení. V tvárnici bude dále vytvořen vtokový systém (kapitola 16.4), temperační systém (kapitola 26 a 27). Na tvárnici také dále navazují boční šupáky, které budou dále popsány v kapitole 9.4.



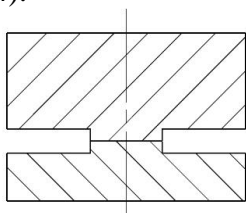
Obr.: 21 Tvárnice



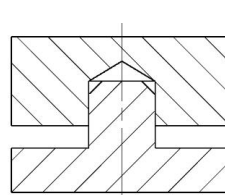
Obr.: 22 Tvárnice další pohled

9.3 Zajištění průchodnosti otvorů

Na výstřiku se nacházejí otvory, u kterých je nutno zajistit průchodnost z důvodu zajištění proudění pohonných hmot či upevnění dalších komponent. Nesmí tedy vznikat žádné přestříky, které by průtok pohonných hmot a upevnění komponent ovlivňovaly. Z tohoto důvodu nejsou otvory řešeny kontaktem plocha na plochu (Obr.: 23), ale je vytvořen trn zapadající do díry (Obr.: 24).



Obr.: 23 Otvor-plocha na plochu



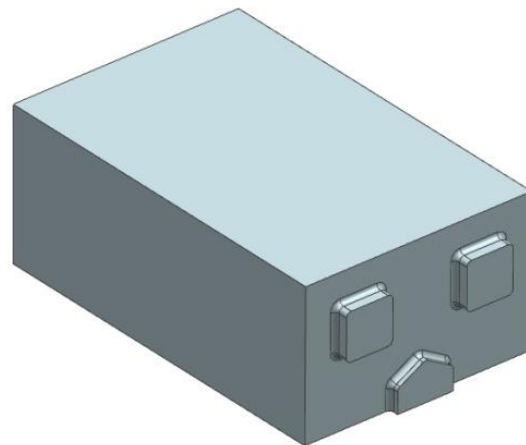
Obr.: 24 Otvor-trn a díra

9.4 Zaformování podkosů

Pro zaformování podkosů bylo nutno navrhnout boční jádra tvořící tzv. šupáky, viz Obr.: 25 a Obr.: 26. Tímto způsobem jsou zaformovány otvory pro uložení palivoměru, kdy je použito malého jádra, a nátrubek pro nasávání paliva, který je vytvořen pomocí velkého jádra. Velké boční jádro dále bylo nutné doplnit o malou vložku, která bude utvářet vnitřní plochu nátrubku, viz Obr.: 25 (červená barva). Bez této vložky by byly funkční plochy pro vytvoření nátrubku obtížně vyrobitelné.



Obr.: 25 Velké boční jádro



Obr.: 26 Malé boční jádro

10 Umístění vtoku

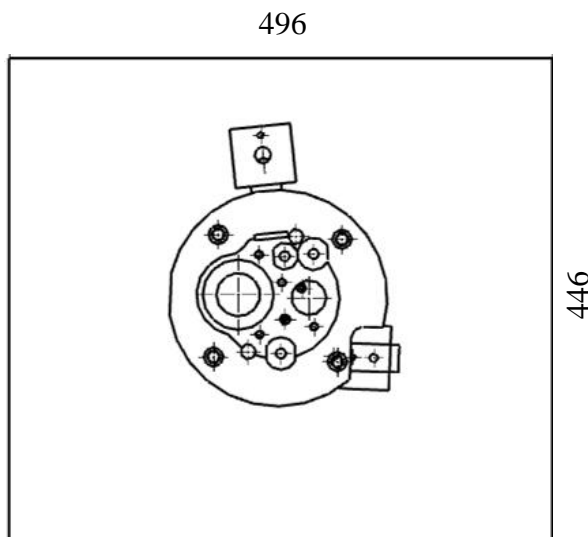
Umístění vtoku bylo voleno do dna výstřiku. Díky tomuto umístění bude možno využít jednoduchý přímý vtokový systém. Nevýhodou je umístění vtoku mimo nejsilnější místo výstřiku, kdy by docházelo k optimálnějšímu plnění dutiny formy. Umístění vtoku do nejsilnějšího místa výstřiku, tedy do dna tlakové nádoby, by v tomto případě přineslo navýšení rozměru výšky vstřikovací formy.

11 Násobnost formy

Vzhledem k řešenému úkolu, kdy je požadováno porovnání vstřikovací formy s vrtanými kanály a formy využívající sintrovaných dílů, bylo po konzultaci se zadavatelem úkolu zvoleno řešení formy jako jednonásobné.

12 Návrh rozměrů rámu formy

Na základě předběžného návrhu funkčních částí formy byl navržen rozměr formy. Rozměr formy byl navrhován tak, aby bylo možné v maximální míře využít normalizované desky od společnosti MEUSBURGER. Při návrhu rozměrů muselo být počítáno s pohybem bočních šíbrů a tedy i prostorem nutným pro zabudování jejich vedení a dále se zástavbovým prostorem pro navržené tvarové části formy. Na základě požadovaných vlastností byl vybrán rozměr desek formy 446 x 496 mm (Obr.: 27).



Obr.: 27 Návrh rozměru desek

Dle katalogu společnosti MEUSBURGER byly vybrány potřebné rozměry desek, viz Tabulka 1. Rozpěrky budou muset být vyráběné, jelikož nabízené rozměry neumožňují dosáhnout požadovaného zdvihu vyhazovacího systému, který odpovídá výšce výstřiku. Z Tabulka 1 je patrná skladba volených desek a jejich výška. Uložení funkčních dílů, tedy tvárnice a tvárnice, bylo voleno vždy do dvou desek (tvárnice – desky 2, 3; tvárník – desky 4, 5) a to především z důvodu uložení tvarových jader, jejichž uchycení bylo jinak komplikované a dále z důvodu snazší manipulace a výroby vlivem nižší hmotnosti jednotlivých desek. Z navržených desek je možné vypočítat parametry pro volbu vstřikovacího stroje, jedná se o výšku uzavřené formy a výšku otevřené formy. Výška uzavřené formy byla vypočtena jako suma výšek desek. Výška otevřené formy byla vypočtena jako výška uzavřené formy navýšená o potřebné rozevření, které se sestává z výšky výstřiku (stažení výstřiku z tvárníku) a výšky výstřiku zvětšené o 20 % (vypadnutí výstřiku z formy).

č.	Název	Výška desky	
1	Upínací deska	36 mm	
2	Deska tvárnice 1	76 mm	
3	Deska tvárnice 2	136 mm	
4	Deska tvárníku 1	46 mm	
5	Deska tvárníku 2	86 mm	
6	Rozpěrka	188 mm	
	Výška uzavřené formy	604 mm	
	Výška otevřené formy	$604 + 2 \cdot 130 = 890$ mm	

Tabulka 1 Sestava desek formy

13 Výpočet funkčních parametrů vstřikovacího stroje[4]

Pro určení vhodného vstřikovacího stroje pro vstřikování daného výrobku je nutné určit klíčové parametry. Na těchto parametrech závisí schopnost stroje plnit dutinu formy a také schopnost udržet desky formy při sobě a zabránit tak úniku taveniny z dutiny. Těmito parametry je zdvihová hmotnost vstřikovaného plastu, případně zdvihový objem vstřikovaného plastu a velikost uzavírací síly.

13.1 Zdvihová hmotnost plastu

Jedním z potřebných parametrů pro určení vstřikovacího stroje je zdvihová hmotnost plastu. Jedná se o hmotnost plastu, kterou musí vstřikovací jednotka dodat při jednom zdvihu do vstřikovací formy. K výpočtu zdvihové hmotnosti plastu slouží rovnice (13.1). Hmotnost výstřiku byla určena pomocí CAD softwaru z objemu výstřiku a hustoty vstřikovaného plastu ($\rho=1,4 \text{ g/cm}^3$ [18]). Vstřikovací forma je řešena jako jednonásobná s horkým vtokem, proto byla zadána nulová hmotnost vtoku a kanálů.

Plast	Zkratka	α_x
Polystyrén houževnatý	PS-HI	105
Kopolymer ABS	ABS	103
Kopolymer AS	A/S	108
Polymethylmetakrylát	PMMA	108
Polyetylén nízkohustotní	PE-LD	92
Polyetylén vysokohustotní	PE-HD	96
Polypropylén	PP	91
Acetát celulózy	CA	130-118
Polyamid	PA	110
Polyformaldehyd	POM	136
PVC tvrdý	PVC	140
PVC měkčený	PVC-P	125
Polystyrén	PS	$\alpha_p=100$

Tabulka 2 Poměrové hodnoty plastů

$$M = 1,2 \cdot (G \cdot n + A) \cdot \frac{\alpha_x}{\alpha_p} = 1,2 \cdot (206 \cdot 1 + 0) \cdot \frac{136}{100} = \underline{336,2 \text{ g}} \quad (13.1)$$

- G... hmotnost výstřiku [g]
- A... hmotnost vtoku a kanálů [g]
- n... násobnost formy [-]
- α_x ... poměrová hodnota daného plastu (Tabulka 2) [-]
- α_p ... poměrová hodnota polystyrenu (Tabulka 2) [-]

13.2 Zdvihový objem plastu

Vstřikovací stroje ve své charakteristice většinou neobsahují zdvihovou hmotnost plastu, ale zdvihový objem plastu. Z tohoto důvodu byla ještě vypočtena tato hodnota, aby byl ulehčen výběr stroje. Pro určení zdvihového objemu bylo využito zdvihové hmotnosti plastu vypočítané v (13.1) a dále hustoty vstřikovaného materiálu [18]. Výpočet je patrný z rovnice (13.1).

$$V = \frac{M}{\rho} = \frac{336,2}{1,4} = \underline{240 \text{ cm}^3} \quad (13.1)$$

V... zdvihový objem plastu [cm^3]
M... zdvihová hmotnost plastu [g]
 ρ ... hustota plastu [g/cm^3]

13.3 Výpočet uzavírací síly

Dalším charakteristickým parametrem vstřikovacího stroje je uzavírací síla. Při vstřikování plní plast dutinu formy a vznikající tlak má snahu rozevírat vstřikovací formu, proto stroj musí vyvinout sílu, která bezpečně udrží obě poloviny formy spojené. K výpočtu hodnoty uzavírací síly slouží rovnice (13.2). Průmět plochy výstřiku do dělicí roviny byl stanoven pomocí softwaru z 3D modelu výstřiku. Tlak plastu v dutině formy byl stanoven na základě tabulky (Tabulka 4). Pro koeficient tekutosti plastu POM byla zvolena střední hodnota 1,55.

$$F_u = 1,2 \cdot S \cdot p_v \cdot k = 1,2 \cdot 12100 \cdot 25 \cdot 1,55 = \underline{562,7 \text{ kN}} \quad (13.2)$$

F_u ... uzavírací síla [N]
S... průmět plochy výstřiku do dělicí roviny včetně rozváděcích kanálů [mm^2]
 p_v ... tlak plastu v dutině formy (Tabulka 4) [MPa]
k... koeficient tekutosti pro daný plast (dle Tabulka 3) [-]

Plast	Faktor tekutosti
PE, PS, PP	1
PA	1,2-1,4
CA	1,3-1,5
ABS	1,3-1,4
PMMA	1,5-1,7
PC	1,7-2
POM	1,4-1,7

Tabulka 3 Faktory tekutosti pro plasty

Délka toku [mm]	Tloušťka stěny [mm]												
	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	2.0
2	20	14	11.5										
3	30	21	17	13.5									
4	40	28	23	18	14	12							
5	50	35	28.5	22.5	17.5	15	13						
6	60	42	34	27	21	18	15.5	12.5					
7	70	49	40	31.5	24.5	21	18	15	12.5				
8	80	56	56	36	28	24	21	17	14.5	12			
9	90	63	51.5	40.5	31.5	27	23.5	19	16	13.5			
10	100	70	57	45	35	30	26	21	18	15	13		
11		77	63	49.5	38.5	33	28.5	23	20	16.5	14.5		
12		84	68.5	54	42	36	31	25	21.5	18	15.5	12	
13		91	74	58.5	45.5	39	34	27.5	23.5	19.5	17	13	
14		98	80	63	49	42	36.5	29.5	25	21	18.5	14	
15			85.5	67.5	52.5	45	39	31.5	27	22.5	19.5	15	
16			91.2	72	56	48	41.5	34	29	24	21	16	12
17			96.9	76.5	59.5	51	44	36	30.5	25.5	22	17	-
18				81	63	54	47	38	32.5	27	23.5	18	13.5
19				85.5	66.5	57	49.5	40	34	28.5	25	19	-
20				90	70	60	52	42	36	30	26	20	15
21					73.5	63	54.5	44	38	31.5	27.5	21	
22					77	66	57	46	39.5	33	28.5	22	16.5
23					80.5	69	59.5	48.5	41.5	34.5	30	23	
24					84	72	62.5	50.5	43	36	31.5	24	18
25					87.5	75	65	52.5	45	37.5	32.5	25	
26					91	78	67.5	54.5	47	39	34	26	19.5
27						81	70	56.5	48.5	40.5	35	27	
28						84	72.5	59	50.5	42	36.5	28	21
29						87	75.5	61	52	43.5	38	29	
30							78	63	54	45	39	30	22.5
31							80.5	65	56	46.5	40.5	31	
32							83	67	57.5	48	41.5	32	24
33							85.5	69.5	59.5	49.5	43	33	
34								71.5	61	51	44.5	34	25.5
35								73.5	63	52.5	45.5	35	
36								75.5	65	54	47	36	27
37								78	66.5	55.5	48	37	
38								80	68.5	57	49.5	38	28.5
39									70	58.5	51	39	
40									72	60	52	40	30
42										63	54.5	43	
44										66	57	44	
46											60	46	
48												49	36

Tabulka 4 Vnitřní tlaky v dutině formy

14 Volba vstřikovacího stroje

Volba vstřikovacího stroje proběhla na základě dříve vypočtených parametrů, viz Tabulka 5. Z tabulky je patrné, že těmito parametry je rozměr formy, zdvihová hmotnost či objem plastu a uzavírací síla. Vstřikovací stroj by měl tyto žádané parametry převyšovat, aby bylo zajištěno bezproblémové plnění a provoz vstřikovací formy.

Na základě předpokládaných rozměrů vstřikovací formy, vypočtené zdvihové hmotnosti plastu a uzavírací síly byl z podkladů od zadavatele úkolu vybrán vstřikovací lis Engel ES 750/175HL (parametry viz Tabulka 6).

Rozměr formy	496 mm x 446 mm x 604 mm
Zdvhová hmotnost/objem	336,2g/240 cm ³
Uzavírací síla	543,4kN

Tabulka 5 Žádané parametry stroje

Označení vstřikovacího lisu		Engel ES 750/175 HL
Typ řízení		CC 100
Uzavírací jednotka		
Orientace uzavírací jednotky		horizontální
Uzavírací síla	kN	1750
Minimální výška formy	mm	450
Maximální vzdálenost mezi deskami	mm	1150
Vzdálenost mezi sloupky	mm	-
Upínací systém	typ	Tecnomagnete QPR17626 QPR16140
Maximální dráha vyhazovače	mm	150
Maximální síla vyhazovače	kN	61
Průměr centrálního kroužku	mm	160
Vstřikovací jednotka		
Průměr šneku	mm	50
Optimální dávka materiálu (min-max)	cm ³	98-295
Maximální vstřikovací tlak	bar	1910
Maximální přítlačná síla vstřikovací jednotky	kN	67

Tabulka 6 Parametry vstřikovacího lisu Engel ES750/175HL

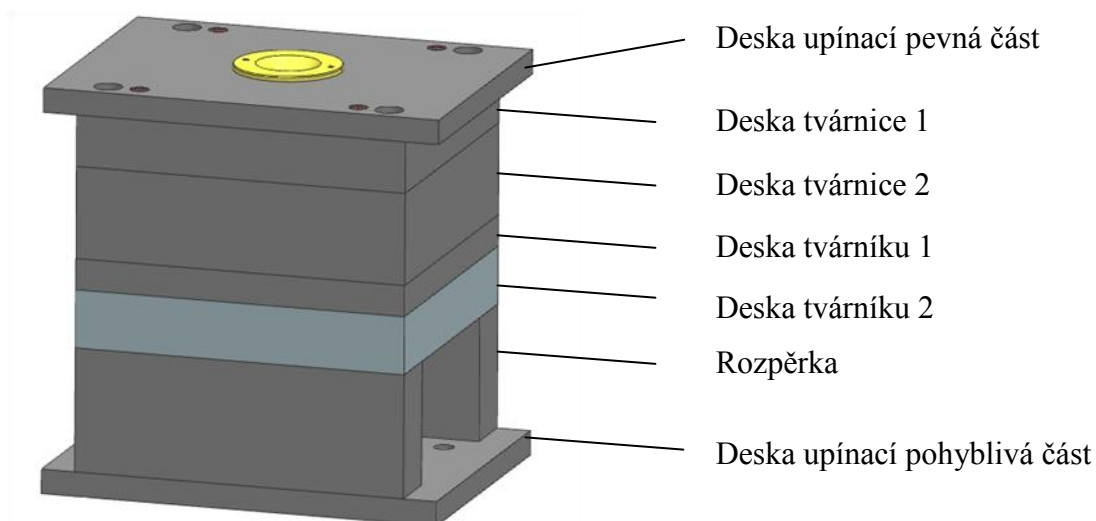
Tento vstřikovací lis je vybaven elektromagnetickým upínáním Tecnomagnet. Magnetické upínací desky výrazně snižují pracnost při upínání formy do stroje. Forma se vystředí do stroje středícími kroužky a samotné upnutí se děje jen pomocí magnetismu, není tedy potřeba využívat upínky jako při využití běžných upínacích desek. Tyto upínací desky však zmenšují zdvih vstřikovacího stroje o 124 mm, i přesto však zdvih stroje pro navrhovanou formu zcela postačuje. Upínací systém Tecnomagnet si dále vyžaduje využití upínacích desek vstřikovací formy o rozměru 446 mm x 596 mm.

15 Rám formy

Rám formy je tvořen skupinou vzájemně spojených desek, ke kterým náleží i vodící, středící a spojovací příslušenství. Tento rám pak tvoří nosič funkčních tvarových dutin, které jsou vytvořeny ve zvláštních vložkách, a vtoků. Rám doplněný o další funkční celky tvoří kompletní formu s žádanou funkcí. Rám musí také umožnit správné ustavení ve vstřikovacím stroji, dokonalé a bezpečné upnutí na stroji, přesné vedení pohyblivých dílů formy, snadné upevnění tvarových vložek a ostatních funkčních dílů a také vhodné umístění temperačního, odvodušňovacího a vyhazovacího systému.[4]

15.1 Sestava desek

Veškeré desky formy byly vybírány z katalogu od společnosti MEUSBURGER, přičemž se vycházelo z rozměrů navržených v kapitole 12. Konkrétní rozměry a označení desek jsou patrné z Tabulka 7 a Obr.: 28. Desky se obvykle dělí na desky pevné a pohyblivé části formy. Deska upínací a desky tvárnice tvoří pevnou část formy. Desky tvárníku, rozpěrky a upínací deska tvoří pohyblivou část formy. Takto navržená sestava desek byla následně doplněna o vodící, středící a spojovací součásti a také o středící kroužky. Na všech deskách je vytvořeno vybrání na rozích, které usnadňuje oddělení vzájemně spojených desek.



Obr.: 28 Sestava formy

Název	Označení
Deska upínací pevná část	F25/446 496/36/1730
Deska 1 pevná	F55/446 496/76/2312
Deska 2 pevná	F55/446 496/136/2312
Deska 1 pohyblivá	F50/446 496/46/1730
Deska 2 pohyblivá	F55/446 496/86/2312
Rozpěrky	N 190 500/90/1730
Deska upínací pohyblivá část	F25/446 496/36/1730

Tabulka 7 Rám formy

15.2 Vodící, středící a spojovací součásti

Jednotlivé desky pevné a pohyblivé části formy jsou vzájemně středěny a pevně spojeny pomocí šroubů. Pevná a pohyblivá část jsou pak ještě vůči sobě vedeny pomocí vodících pouzder a kolíků, které desky i vystředují. Pro zajištění veškerých těchto funkcí byly opět vybrány normále MEUSBURGER. Konkrétně se jedná o vodící kolíky s označením E1000, vodící pouzdra E1100 a středící pouzdra E1160. Veškeré desky jsou spolu pevně sešroubovány pomocí šroubů s imbusovou hlavou příslušných rozměrů s katalogovým označením E1200. Vzhledem k použití malých tuširovacích jader je vodící systém dále doplněn o čtyři přesná plochá vedení E1308 (Obr.: 29), která zabraňují poškození jader při uzavírání formy.

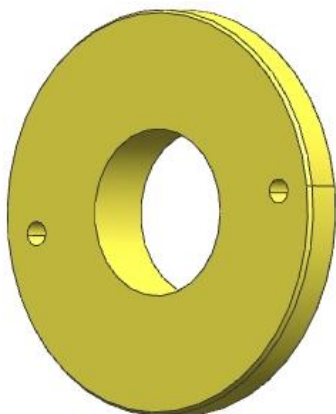


Obr.: 29 Ploché vedení E1308

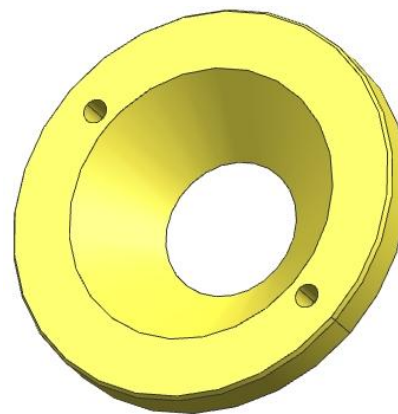
15.3 Středící kroužky

Středící kroužky (Obr.: 30 a Obr.: 31) slouží ke středění formy při upínání na stroj, ale také k zajištění proti sklouznutí z upínací desky stroje při manipulaci. Z těchto důvodů jsou středící kroužky osazeny na pevné i pojízdné části formy. Velikost vnějšího průměru kroužku je volena dle otvorů v upínacích deskách stroje. Tyto kroužky mohou být tvořeny obrobením upínací desky formy nebo mohou být na upínací desku montovány pomocí šroubů.[4]

Pro navrhovanou formu byly vybrány montované středící kroužky a to především z důvodu nenáročného obrobení upínací desky pro jeho montáž. Průměr kroužku 160 mm byl odvozen od upínacích desek vstřikovacího stroje. Normalizované kroužky však nesplnily požadavek na jejich výšku, proto budou vyráběny. Vyšší výška kroužků je požadována z důvodu možnosti využít formu pro vstřikování okamžitě po sejmutí izolačních desek.



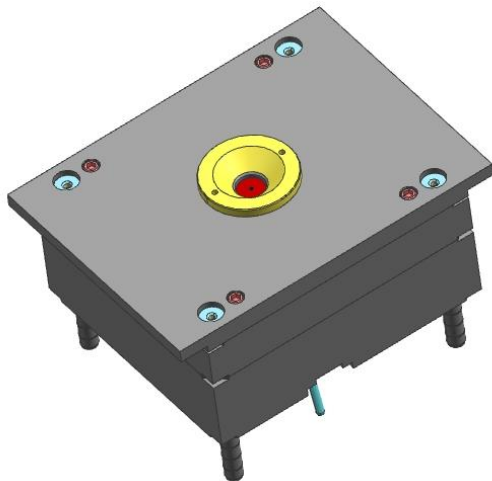
Obr.: 30 Středící kroužek pohyblivá část formy



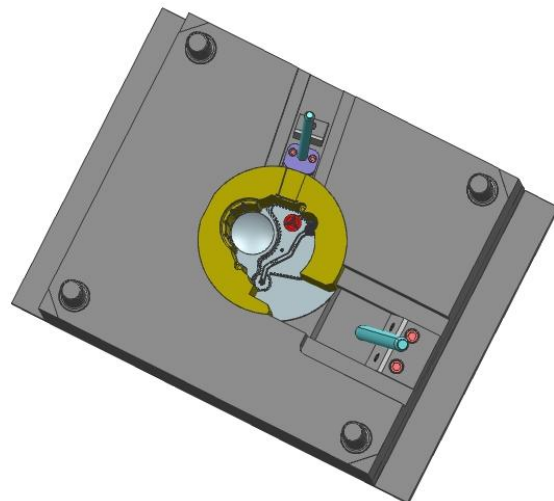
Obr.: 31 Středící kroužek pevná část formy

16 Pevná část formy

Pevná část vstřikovací formy (Obr.: 32 a Obr.: 33) je tvořena pevnou upínací deskou, dvěma deskami, v nichž jsou uloženy tvarové vložky tvárnice, a dalším příslušenstvím. Pevná část formy je svou upínací deskou spojena s pevnou upínací deskou vstřikovacího stroje, na kterou je upevněna pomocí magnetické desky či případně pomocí upínek. Při vstřikovacím cyklu se tato část formy nepohybuje a doléhá na ni tryska vstřikovací jednotky. V pevné části formy jsou umístěny vodící kolíky, které zapadají do vodících pouzder v pojízdné části vstřikovací formy. V pevné části vstřikovací formy je umístěn i vtokový systém, viz kapitola 16.4.



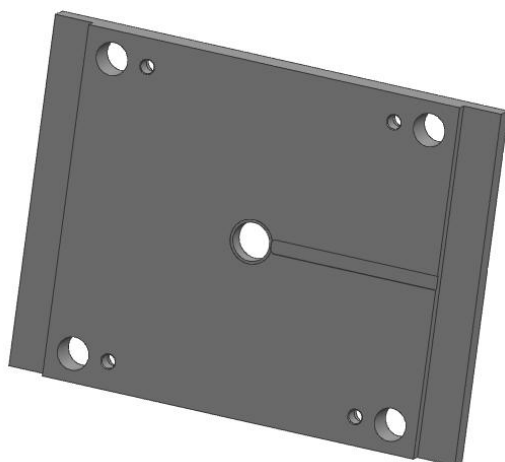
Obr.: 32 Pevná část formy



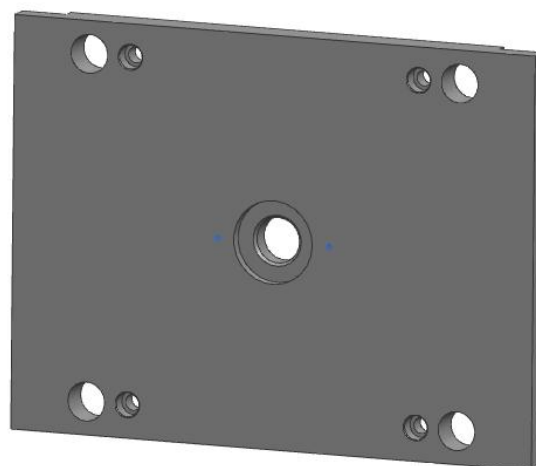
Obr.: 33 Pevná část formy - druhá strana

16.1 Upínací deska pevné části formy

Upínací deska (Obr.: 34 a Obr.: 35) je tvořena z polotovaru MEUSBURGER F25/446 496/36/1730. Na desce bylo nutné vytvořit zahlužení pro středící kroužek. Aby bylo možné použít kromě magnetického i konvenční upínání, bylo nutné z části snížit výšku upínací desky dle podkladů zadavatele úkolu na 22 mm. Upínací deska je opatřena izolační deskou o tloušťce 8 mm, která zabraňuje vedení tepla mezi vstřikovací formou a upínací deskou vstřikovacího stroje. Při použití magnetického upínání je izolační deska použita pouze na magnetické upínací desce.



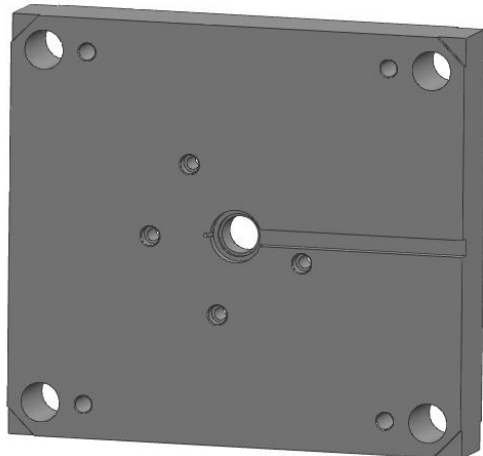
Obr.: 34 Upínací deska pevné části



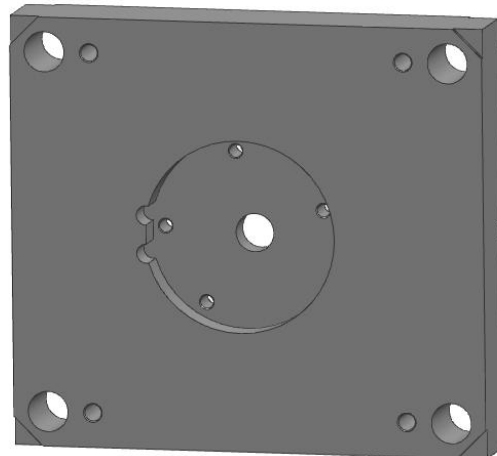
Obr.: 35 Upínací deska - druhá strana

16.2 Deska tvárnice 1

Deska tvárnice 1 (Obr.: 36 a Obr.: 37) pro uložení tvárnice vychází z polotovaru MEUSBURGER F55/446 496/76/2312. V desce je vytvořeno válcové zahloubení s ploškou pro tvarovou vložku tvárnice. Ploška, umístěná v desce i na vložce, zajišťuje přesnou polohu vložky vůči desce. Deska tvárnice 1 je pevně spojena pomocí šroubů s upínací deskou a deskou tvárnice 2.



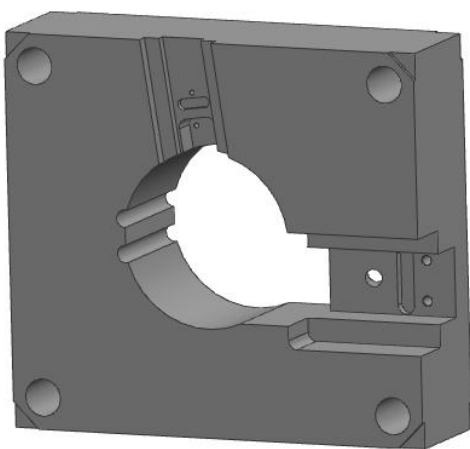
Obr.: 36 Deska tvárnice 1



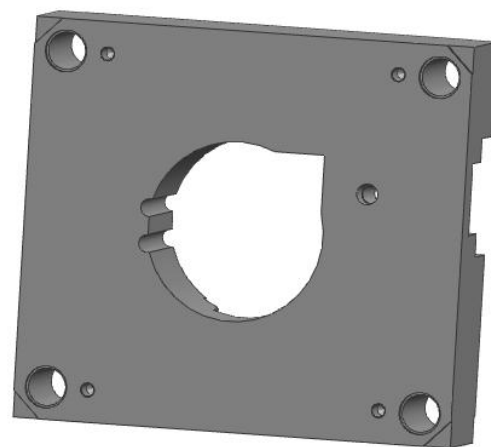
Obr.: 37 Deska tvárnice 1- druhá strana

16.3 Deska tvárnice 2

Jako polotovar pro vytvoření desky tvárnice 2 (Obr.: 38 a Obr.: 39) pro uložení tvarové vložky tvárnice byl vybrán polotovar MEUSBURGER F55/446 496/136/2312. Na desce tvárnice je dále navrženo odlehčení 0,5 mm a to proto, aby nebylo nutné lícovat celou plochu desky, ale pouze plochu tvarové vložky. Obdobně jako u první desky je i u této vytvořena díra s ploškou pro vložku tvárnice. Stejně jako v předchozím případě ploška slouží k přesnému určení polohy vložky v desce. V desce jsou dále vytvořeny prostory pro příslušenství bočních šíbrů a to uzavíracích klínů, šikmých kolíků a vedení šíbrů, která jsou umístěná na pohyblivé části formy.



Obr.: 38 Deska tvárnice 2



Obr.: 39 Deska tvárnice 2 - druhá strana

16.4 Vtokový systém

Vtokový systém zajišťuje při vstřikování vedení proudu roztaveného plastu od vstřikovací jednotky do tvarové dutiny formy. Vtokový systém může být navržen jako studený či horký. Studený vtok se vyznačuje svou jednoduchostí, nízkou cenou a nízkými servisními nároky. Při využití studené vtokové soustavy však vzniká problém při vyhazování hotového výstřiku, kdy vzniká vtokový stromeček. Jelikož je u vstřikovacího nástroje obecně předpokládán vysoký počet výstřiků, představuje takto vznikající stromeček velké množství odpadového materiálu, který je nutno dále zpracovávat. Výhodou vyhřívaného vtoku je vstřik bez vznikajícího vtokového stromečku a tedy i úspora vstřikovaného plastu a odstranění potřebné manipulace s vtokovým zbytkem při jeho regeneraci. Dále umožňuje automatizaci výroby a zkracuje vstřikovací cyklus. Nevýhodou tohoto řešení je vyšší cena a také větší rozměrové nároky na zástavbu do vstřikovací formy.[9]

Pro konstruovanou vstřikovací formu byla zvolena vyhřívaná vtoková soustava. Vzhledem k tomu, že je forma řešena jako jednonásobná, postačí jednoduchý vyhřívaný vtok. Na základě vypočtené hmotnosti vstřikovaného plastu a rozměrů formy byla zvolena vyhřívaná tryska od společnosti HASCO Z34201/50x100, viz Obr.: 40. Bližší specifikace trysky a jejích rozměrů je patrna v příloze č. 1.

Pro napájení a měření teploty trysky slouží dle požadavku zadavatele úkolu konektory umístěné z horní strany formy. Konkrétně je pro napájení použit konektor WALTHER 714210 s kuličkovou vložkou WALTHER 710 210 a pro měření teploty je použit konektor WALTHER 714 410 s kuličkovou vložkou AMPHENOL C14610B0108101. Specifikace konektorů je patrna v příloze č. 2 a specifikace vložek v příloze č. 3.

Označení trysky	Z34201/50x100
Vstřikovací hmotnost	Max 800 g
Snadno vstřikovatelné	PE, PP, PS, ABS, PMMA, PA, SAN, ASA, EVAC, TPE, PC, POM
Omezeně vstřikovatelné	PPE, PPS, PSU, PET, PBT
Maximální teplota procesu	400°C
Typ hrotu	Torpédo
Materiál hrotu	Slitina CuCoBe

Tabulka 8 Vlastnosti vyhřívané trysky Z34201/50x100[19]



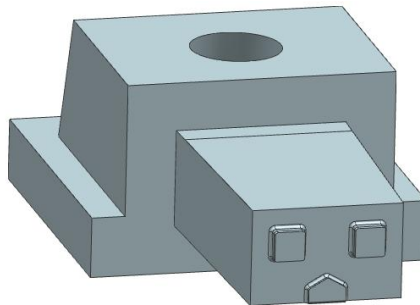
Obr.: 40 Vyhřívaná tryska Z34201/50x100

17 Boční šupáky

Jak již bylo dříve poznamenáno (kapitola 9.4), boční šupáky slouží k zaformování podkostí navržených na výstřiku. Bez těchto šupáků by nebylo možné výstřik z formy vyjmout. Navrhovaná vstřikovací forma disponuje dvěma bočními šupáky. Jeden malý šupák pro zaformování otvorů v boční stěně výstřiku a jeden velký šupák pro zaformování nátrubku a kapsy, v níž se nátrubek nachází.

17.1 Malý šupák

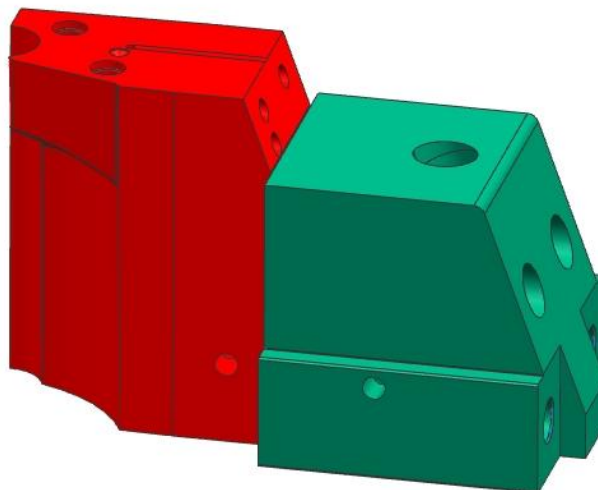
Z malého bočního jádra vytvořeného při návrhu zaformování výstřiku (kapitola 9.4) byl vytvořen malý šupák, viz Obr.: 41. Vzhledem k požadovaným rozměrům nebylo možné použít přímo normálie, především kvůli požadované poloze otvoru pro šikmý kolík, který uvádí šupák do pohybu. Z tohoto důvodu bude muset být tento šupák vyráběn. Na šupáku tedy bylo vytvořeno spodní vedení, které bude přidržovat šupák ve vodičích lištách a také otvor pro šikmý kolík.



Obr.: 41 Malý šupák

17.2 Velký šupák

Příliš velké rozměry tohoto šupáku (Obr.: 42) nedovolovaly přímé využití normálie, proto je šupák sestaven ze dvou hlavních částí a vložky. Červená část vytváří povrch výstřiku, zelená část slouží k vedení a zajištění pohybu první části (MEUSBURGER E3017/100/80/140). V červené části šupáku se nachází malá vložka sloužící k zaformování vnitřní plochy nátrubku, viz kapitola 9.4. Funkční plochy potřebné pro vytvoření nátrubku by byly jinak obtížně vyrobitelné. Na první části je vytvořen výstupek zapadající do druhé části, tento výstupek slouží k vzájemnému ustavení polohy. Obě části jsou spojeny šroubovými spoji.



Obr.: 42 Velký šupák

17.3 Pohyb šupáků

Pro správnou funkčnost formy musí být zajištěn pohyb bočních šupáků. Pohyb může být zajištěn mechanicky, hydraulicky či pneumaticky.[4] U navrhované formy byl volen mechanický princip a to pomocí šikmých kolíků. Šikmé kolíky oproti hydraulickému či pneumatickému válci vynikají malými rozměry, jejich pohyb je však svázán s pohybem formy ve stroji a proto jej nelze vždy použít[4].

Pro určení funkční délky šikmého kolíku slouží rovnice (17.1) a (17.2). Vypočtená funkční délka kolíku se zvětšuje o 10 mm.[4]

Délka kolíku l

$$l = \frac{h}{\sin\beta} + \frac{v}{\operatorname{tg}\beta} + \frac{d}{2} = \frac{1}{\operatorname{tg}\beta} \cdot \left(\frac{h}{\cos\beta} + v + \frac{d}{2} \right) \quad (17.1)$$

Zpoždění posuvu čelistí v

$$v = \frac{\Delta d}{\sin\beta} \quad (17.2)$$

- l ... funkční délka kolíku
- h ... požadovaný zdvih
- v ... otevření formy bez pohybu čelisti (zpoždění)
- d ... průměr kolíku
- β ... úhel sklonu kolíku

17.3.1 Délka kolíku malého šupáku

Zpoždění posuvu čelistí v_m dle (17.2)

$$v_m = \frac{\Delta d}{\sin\beta} = \frac{1}{\sin 18^\circ} = 3,2 \text{ mm} \quad (17.3)$$

Délka kolíku l_m dle (17.1)

$$l_m = \frac{1}{\operatorname{tg} 18^\circ} \cdot \left(\frac{40}{\cos 18^\circ} + 2 + \frac{14}{2} \right) = 160,8 \text{ mm} \quad (17.4)$$

Pro malý šibr je volen kolík 14 x 180 mm.

17.3.2 Délka kolíku velkého šupáku

Zpoždění posuvu čelistí v_v dle (17.2)

$$v_v = \frac{\Delta d}{\sin\beta} = \frac{1}{\sin 18^\circ} = 3,2 \text{ mm} \quad (17.5)$$

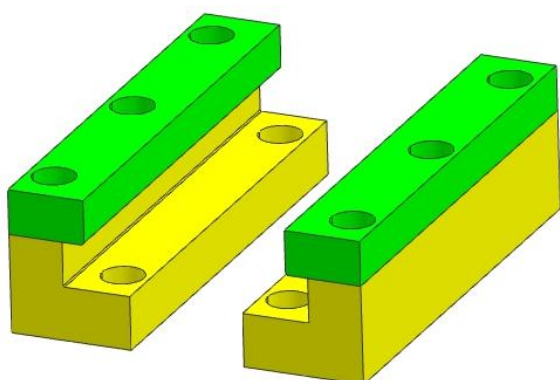
Délka kolíku l_v dle (17.1)

$$l_v = \frac{1}{\operatorname{tg} 18^\circ} \cdot \left(\frac{100}{\cos 18^\circ} + 2 + \frac{20}{2} \right) = 364,2 \text{ mm} \quad (17.6)$$

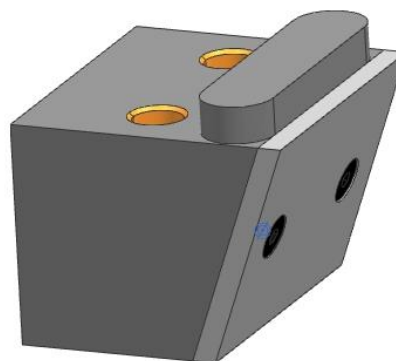
Takovýto kolík by byl příliš dlouhý a způsoboval by problémy se zástavbou do formy. Proto bude volen kratší kolík 20x280 mm a kvůli zkrácenému zdvihu bude upravena stírací deska vyhadzovacího systému, tak aby šupák nebránil jejímu vysouvání.

17.4 Vedení šupáků a zajištění v pracovní poloze

Boční šupáky musí být ve své pracovní poloze zajištěny proti pohybu tak, aby odolávaly vstřikovacímu tlaku. Vstřikovací tlak může způsobit odtlačení šupáku od ostatních tvarových částí formy a tím pádem může dojít k přestřihu či případnému nárůstu rozměrů v postiženém místě.[4] U navrhované formy bylo opět využito normálií MEUSBURGER. Na desce je uzavírací klín E3024 (Obr.: 44), který při finální fázi uzavírání formy vede boční šupák a při vstřikovávání slouží k zachycení působících tlaků. Pro plynulý pohyb šupáku při otevírání formy je využíváno vodících lišt. V tomto případě byly voleny posuvné vodící jednotky E31300, viz Obr.: 43.



Obr.: 43 Vodící jednotka E31300



Obr.: 44 Uzavírací klín E3024

17.5 Zajištění polohy šupáků v otevřené poloze

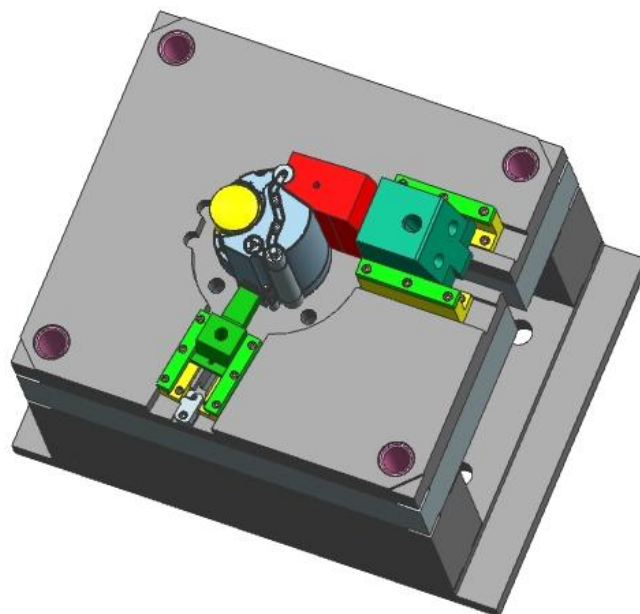
Při otevírání formy dochází k pohybu bočních šupáků. U formy je předpokládáno její plné rozevření, šikmý kolík tedy zcela opouští díru v šupáku. Musí tedy být zajištěno uzamknutí šupáku v otevřené poloze tak, aby při opětovném uzavírání formy nedocházelo ke kolizím šupáku se šikmým kolíkem a tak i poškození vstřikovací formy. Pro uzamčení polohy šupáku byla zvolena svorka od společnosti DME (Obr.: 45). Tato svorka zajišťuje přesnou polohu šupáku v otevřené poloze. Sestává se z kleštiček a kolíku. Při otevírání formy se kolík přisouvá ke svorce, kde překonává sílu vložené pružiny a zapadá do svorky, děje se tak v okamžiku, kdy šikmý kolík opouští díru v šupáku. Při zavírání formy šikmý kolík zajíždí do díry v šupáku, překonává sílu pružinky a uvolňuje šír. Kritériem pro výběr vhodné svorky je hmotnost šupáku. Oba použité šupáky mají nízkou hmotnost, proto byla použita nejmenší svorka z nabídky, použitelná do hmotnosti 10 kg.



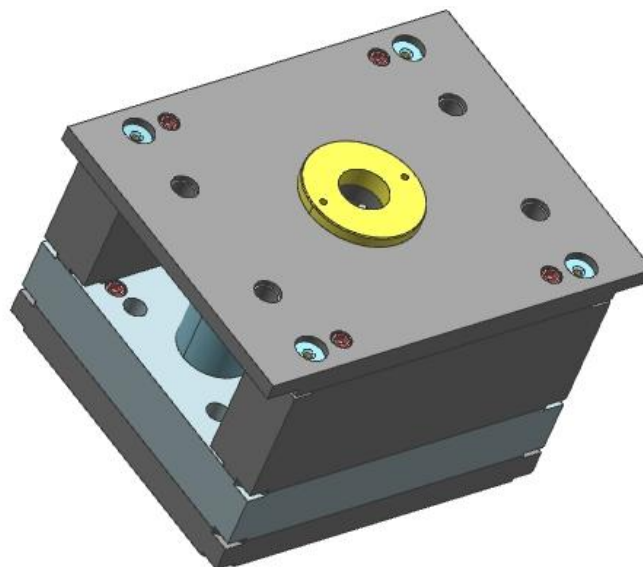
Obr.: 45 Svorka DME[20]

18 Pohyblivá část formy

Pohyblivá část vstřikovací formy (Obr.: 46 a Obr.: 47) je skupina desek, tvarových vložek a příslušenství, které jsou upevněny na pohyblivé části vstřikovacího stroje. Po ukončení plnění dutiny plastem a po dochlazení výstřiku odjíždí pohyblivá část od pevné části vstřikovací formy tak, aby bylo umožněno vyhození výstřiku.[4] Pohyblivá část vstřikovací formy je sestavena z upínací desky, rozpěrek, rozpěrných sloupků a dvou desek, v kterých je upevněn tvárník. Pojízdná část je vůči pevné části formy vedena pomocí středících vložek umístěných v deskách. Na pohyblivé části vstřikovací formy jsou také umístěny boční šupáky, viz kapitola 17. S touto částí formy také přímo souvisí vyhazovací systém, který bude blíže popsán v kapitole 19. V pohyblivé části formy jsou uloženy veškeré vložky a jádra vytvářející tvárník. Tato jádra a vložky jsou v jedné z desek upevněny pomocí osazení, druhá pak slouží jako podpěrná deska. Obě desky jsou k sobě smontovány pomocí šroubových spojů a poté opět pomocí šroubů připojeny k rozpěrkám a upínací desce.



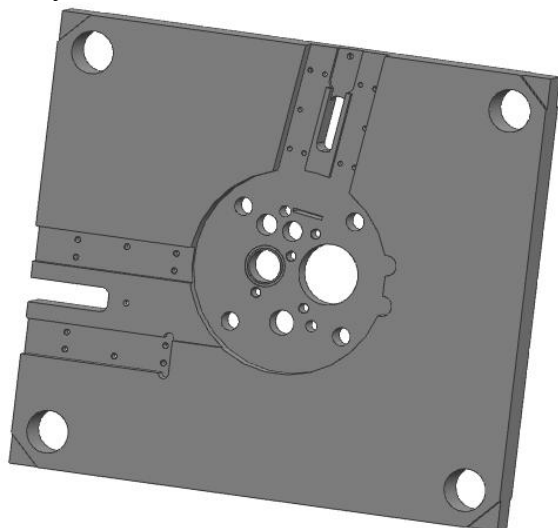
Obr.: 46 Pohyblivá část formy



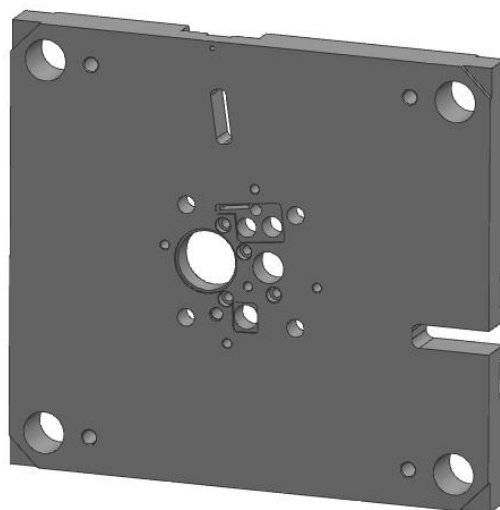
Obr.: 47 Pohyblivá část formy - druhá strana

18.1 Deska tvárníku 1

Deska tvárníku 1 (Obr.: 48 a Obr.: 49) je vytvořena z polotovaru MEUSBURGER F50/446 496/46/1730. V této části formy jsou vytvořeny drážky určené pro vodící systém bočních šupáků i otvory pro šikmé kolíky. Dále jsou zde veškeré otvory potřebné pro montáž tvarových vložek a jader opatřených osazeními, pro které jsou v desce vytvořena i veškerá zahloubení. V desce je také vytvořeno válcové zahloubení s ploškou pro stírací desku vyhazovacího systému. Ploška slouží k přesnému určení polohy stírací desky. Deska je o 0,5 mm snížena oproti dělicí rovině, aby nebylo nutné vzájemně lícovat celé desky, ale jen tvarové vložky.



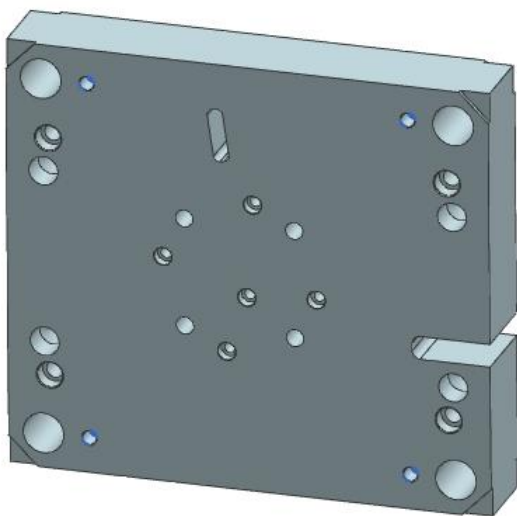
Obr.: 48 Deska tvárníku 1



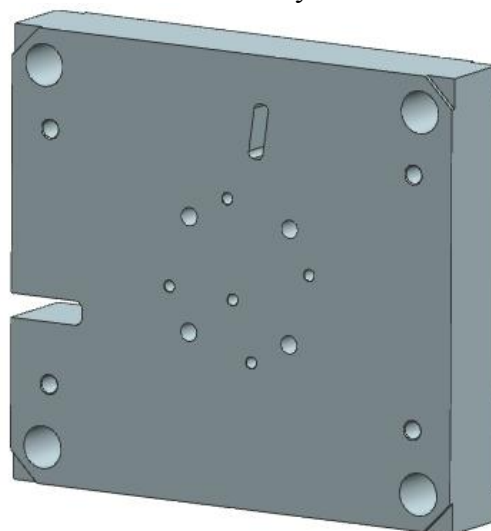
Obr.: 49 Deska tvárníku 1 - druhá strana

18.2 Deska tvárníku 2

Deska tvárníku 2 (Obr.: 50 a Obr.: 51) v celé své ploše podpírá desku tvárníku 1, s kterou je spojena šrouby. Deska tvárníku 2 je vytvořena z polotovaru MEUSBURGER F55/446 496/86/2312. Tato deska podpírá i tvarové vložky a jádra a přidržuje je tak ve své pozici. V desce pokračují otvory pro šikmé kolíky vytvořené v desce tvárníku 1. V desce tvárníku 2 dále musely být vytvořeny otvory pro zamontování táhel vyhazovacího systému. Tato deska je přes rozpěrky spojena s upínací deskou pohyblivé části vstřikovací formy.



Obr.: 50 Deska tvárníku 2

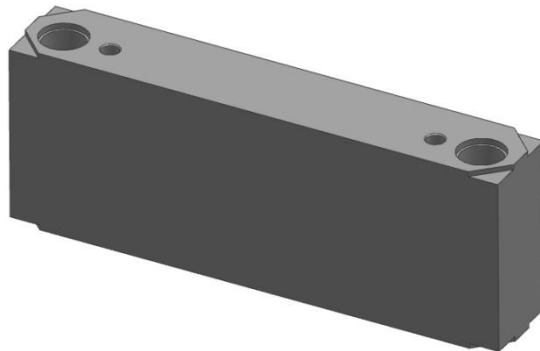


Obr.: 51 Deska tvárníku 2 - druhá strana

18.3 Rozpěrky

Rozpěrky (Obr.: 52) vytvářejí prostor pro umístění vyhadzovacích desek a umožňují potřebný zdvih vyhadzovačů, dále zmenšují stykovou plochu mezi funkční a upínací částí formy tak, aby nedocházelo k velkým tepelným ztrátám vedením při temperaci vstřikovací formy. Rozpěrky jsou umístěny na krajích vstřikovací formy a jsou pevně spojeny s upínací deskou a deskami, kde je upevněn tvárník.[4]

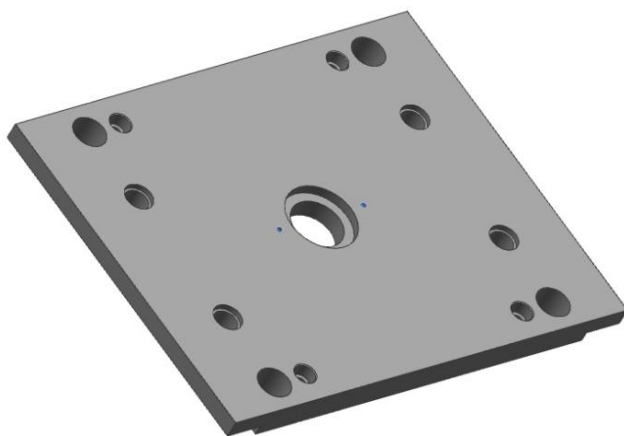
Pro žádaný zdvih vyhadzovacího systému (příliš velký) a vybraného rámu formy není normalizován rozměr rozpěrek. Proto budou vyráběny z polotovaru MEUSBURGER N 190 500/90/1730.



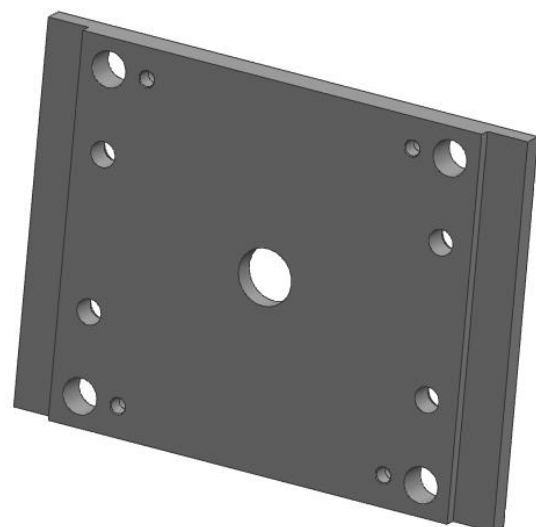
Obr.: 52 Rozpěrka

18.4 Upínací deska pohyblivé části formy

Upínací deska pohyblivé části formy (Obr.: 53 a Obr.: 54) je tvořena z polotovaru MEUSBURGER F25/446 496/36/1730. Na desce bylo nutné vytvořit zahĺoubení pro středící kroužek. Aby bylo možné použít kromě magnetického i konvenční upínání, bylo nutné snížit výšku upínací desky dle podkladů zadavatele úkolu na 22 mm. Upínací deska je opatřena izolační deskou, která zabraňuje vedení tepla mezi vstřikovací formou a upínací deskou vstřikovacího stroje.



Obr.: 53 Upínací deska pohyblivé části

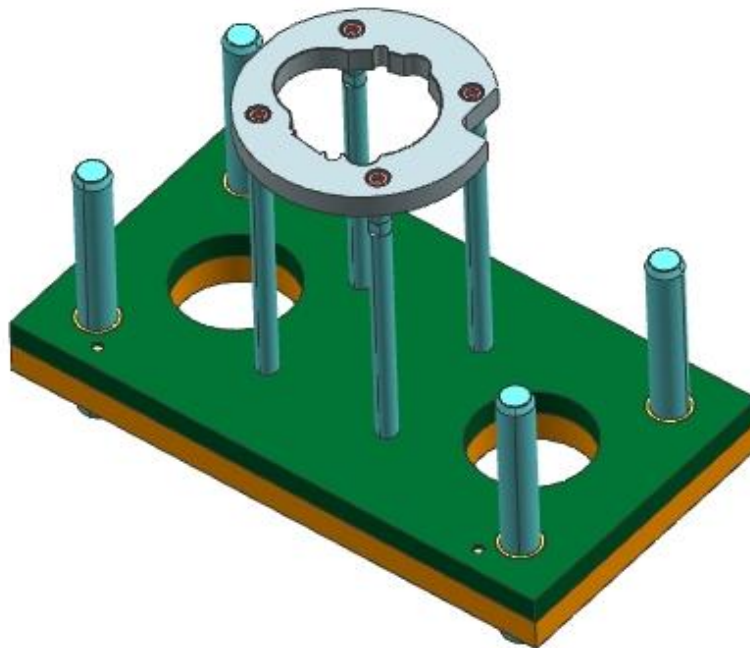


Obr.: 54 Upínací deska pohyblivé části -
druhá strana

19 Vyhazovací systém

Vyhazování výstřiku je činnost, při které se z tvárníku otevřené vstřikovací formy vysou-
vá zhotovený výstřik. K vyhazování slouží vyhazovací systém (Obr.: 55), který doplňuje rám
formy a slouží k zajištění automatického chodu výrobního cyklu. Vyhazovací proces má dvě
fáze a to dopředný pohyb, kdy je výstřik stahován z formy, a vratný pohyb, kdy se vyhazovací
systém vrací do výchozí polohy.[4]

Vzhledem ke komplikovanému tvaru a tenkostěnnosti výstřiku byla pro vyhazování zvolena
stírací deska. Dalšími částmi vyhazovacího systému jsou kotevní a podpěrná deska, vo-
dicí čepy a vodící pouzdra, spojka vyhazovače a dorazové destičky.



Obr.: 55 Vyhazovací systém

19.1 Stírací deska

Pro vyhození výstřiku byly nejdříve uvažovány jednoduché válcové vyhazovače. U toho-
to způsobu vyhazování však hrozí nebezpečí propíchnutí tenké stěny výstřiku vyhazovačem.
Z tohoto důvodu bylo zvoleno vyhazování pomocí stírací desky.

Při vyhazování stírací deska zabírá do celého obvodu výstřiku a také při vstřikování do-
dává této části výstřiku tvar. Tato deska dovoluje rovnoměrné vyhození výrobku z formy, při
jejím použití nedochází k deformaci při vyhazování tenkostěnných výstřiků a dovoluje půso-
bit větší vyhazovací silou.[4]

Stírací deska (Obr.: 55) je propojena s vyhazovacími deskami pomocí táhel a šroubů.
Tvar stírací desky musel být upraven odstraněním materiálu v místě velkého šupáku, který má
omezený zdvih a při vyhazování by stírací desce překážel.

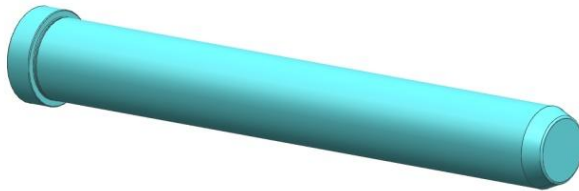
19.2 Opěrná a kotevní deska

Opěrná a kotevní deska tvoří základní stavební kámen vyhadzovacího systému. Pro opěrnou desku (Obr.: 55 – žlutá) byl zvolen normalizovaný polotovar MEUSBURGER F85/446 496/268/27/1730 a pro kotevní desku (Obr.: 55 – zelená) byl vybrán polotovar MEUSBURGER F80/446 496/268/22/1730. Obě desky jsou vzájemně spojeny šrouby. V kotevní a opěrné desce jsou uchycena táhla stírací desky a vedení vyhadzovacího systému. K opěrné desce jsou ještě přišroubovány dorazové destičky vyhadzovacího systému.

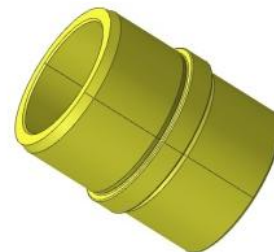
19.3 Vedení vyhadzovacího systému

Vyhadzovací systém je veden pomocí vodicích kolíků (Obr.: 56) a vodicích pouzder s nákrůžky (Obr.: 57). Normálně jsou od společnosti MEUSBURGER, kolík s katalogovým číslem E1030 30x240 a pouzdro s číslem E1120 30 22 27.

Vodicí pouzdra jsou upevněna v kotevní a opěrné desce. Vodicí čepy jsou upevněny v pohyblivé části vstříkací formy. Vedení vyhadzovacího systému je řešeno symetricky, aby nedocházelo ke křížení při pohybu vyhadzovacího systému.[4]



Obr.: 56 Vodicí kolík vyhadzování



Obr.: 57 Vodicí pouzdro vyhadzování

19.4 Dopředný pohyb

Vyhadzovací desky jsou spojeny s vyhadzovací tyčí vstříkacího stroje pomocí spojky (Obr.: 58), která je u zadavatele úkolu standardizována. Při vyhadzování působí vyhadzovací tyč na vyhadzovací desky, táhla a vlastní stírací desku a uvádí je tak do pohybu. Stírací deska zabírá do výstříku a stahuje jej z tvárníku.



Obr.: 58 Spojka vyhadzovacího systému

19.5 Vratný pohyb

Po vyhození výstříku z formy musí být zajištěn návrat vyhadzovacího systému do výchozí polohy tak, aby nemohlo dojít k porušení stírací desky při uzavírání formy. Pro navrhovaný vstříkací nástroj je pro návrat do výchozí polohy uvažováno využití vyhadzovací tyče příslušející vstříkacímu stroji. Výchozí poloha musí být zajištěna, proto bude vyhadzovací systém doplněn o koncový spínač, který bude potvrzovat polohu vyhadzovacích desek.

20 Elektromechanický koncový spínač

Zadavatelem úkolu je před uzavřením vstřikovací formy požadováno potvrzení polohy vyhadzovacího systému ve výchozí pozici, tak aby nemohlo dojít ke kolizi vyhadzovacího systému s pevnou částí vstřikovací formy. Jelikož nebylo možné zajistit mechanické jištění pomocí vratných kolíků, bylo zvoleno potvrzení koncové polohy koncovým spínačem EUCHNER 087 162 N01D572-M, viz Obr.: 59. Na vyhadzovacích deskách je upevněna spínací vačka, která při pohybu působí na kladku koncového spínače, který je namontován na rozpěrcí rámu vstřikovací formy, a tak dochází k jeho spínání či rozepínání. Signál ze spínače je veden vodiči do konektoru, který je spojen s řízením vstřikovacího stroje. K uzavření formy dojde až poté, kdy je potvrzena výchozí poloha vyhadzovacího systému a nemůže tedy dojít ke kolizi pohyblivých částí. Bližší specifikace koncového spínače včetně jeho rozměrů je patrna v příloze č. 6.

Dle požadavků zadavatele úkolu je vstřikovací forma osazena konektorem WALTHER 704310, který je blíže popsán v příloze č. 2, s kolíčkovou vložkou WALTHER 700210, blíže popsána v příloze č. 3.



Obr.: 59 Koncový spínač EUCHNER 087 162 N01D572-M[21]

21 Čidla pro sledování parametrů vstřikovacího procesu

Zadavatelem úkolu je požadováno zamontování čidel tlaku a teploty do tvarové dutiny vstřikovací formy.

Pro zajištění automatizace výroby a také kvůli snadnému sledování procesů v dutině formy je forma osazena čidly teploty a tlaku. Časový průběh tlaku a teploty v dutině formy, což jsou parametry popisující proces vstřikování, jsou přenosné a nezávislé na výrobním zařízení, a proto se využívají pro popis vstřikovacího procesu. Reprodukovatelnost těchto průběhů zajišťuje i reprodukovatelnost výsledných vlastností výstřiku. Tato čidla slouží k rychlé a cílené optimalizaci dat a určují bod přepnutí vstřikovacího tlaku na dotlak. Pro popis vstřikovacího procesu jsou používána teplotní a tlaková čidla v dutině formy. Konektory čidel jsou přístupné ze strany obsluhy nástroje, kvůli snadné dostupnosti. [17]

21.1 Teplotní čidlo

Ve vstříkovací formě jsou umístěna dvě teplotní čidla, viz Obr.: 60. Jedno čidlo je umístěno v pevné části vstříkovací formy, druhé pak v části pojízdné. Čidla jsou zamontována dle podkladů zadavatele úkolu. Teplotní čidlo se dotýká dna slepé díry, které je vzdálené 1,2 mm od tvarové dutiny formy, poloha je zajištěna pomocí pružiny a opěrné destičky. Vodiče jsou vyvedeny ke konektorům HAMITHERM CSPE-UKI umístěným na straně obsluhy. Teplotní čidla jsou od společnosti CZAKI THERMO PRODUCT s označením TP-341J-45-5-5 (viz příloha č. 4)



Obr.: 60 Teplotní čidlo TP-341J-45-5-5[22]

21.2 Tlakové čidlo

Na formě se nachází jedno tlakové čidlo, viz Obr.: 61, které je umístěno na pevné části formy dle podkladů zadavatele úkolu. Tlakové čidlo je zamontováno v desce tvárnice 1, kde je přidržováno pomocí vymezovací trubky a příchytky. Tlakové čidlo je zabudováno do vstříkovací formy tak, že přichází přímo do styku s taveninou plastu., která působí na měřicí plošku čidla. Pro měření tlaku v dutině formy byl vybrán senzor od společnosti KISTLER typ 6157BAE, který je již vybaven konektorem. Bližší specifikace tohoto tlakového čidla je uvedena v příloze č. 5.



Obr.: 61 Tlakové čidlo KISTLER typ 6157BAE[23]

22 Moldflow simulace

Moldflow simulace výstřiku byla provedena v softwaru Cadmould. Tento software slouží k analýze plnění výstřiku, rozložení teplot na výstřiku, studených spojů, míst uzavírání vzduchu, analýze chlazení, dotlaku apod.

22.1 Okrajové podmínky simulace

Ve spolupráci se zadavatelem úkolu byla vytvořena moldflow simulace výstřiku. Nejprve byl importován 3D model výstřiku. Na modelu byla vytvořena 2D síť z obalových ploch, která byla dále použita k výpočtu. Následně došlo k ručnímu doopravení oblastí s příliš velkými prvky sítě. Po nastavení vstupních parametrů, viz Tabulka 9, proběhl samotný výpočet.

Parametr	Hodnota
Teplota vstřikovaného plastu	205°C
Teplota formy	80°C
Odformovací teplota	110°C
Vtok	Ø 2,1 torpédo
Materiál	POM, Ultraform S2320 003
Čas plnění	3s
Manipulační čas	22s

Tabulka 9 Nastavení simulace Cadmould

22.2 Výsledky simulace

Výsledky simulace jsou patrné z Tabulka 10. Jelikož prvotní výpočet neobsahuje chladičí systém, je uvažováno ideální chlazení, kdy se uvažuje stejný odběr tepla z každé části výstřiku. Čas cyklu byl stanoven na 60 s, přičemž dotlak působí po dobu 18 s a chlazení působí od počátku dotlaku po dobu 35 s. Dále byly stanoveny parametry týkající se použitého vstřikovacího lisu. Z Tabulka 10 je patrné, že jsou tyto hodnoty vyšší než empiricky spočítané v kapitole 13.3, i přesto však zvolený vstřikovací stroj svými parametry vyhovuje. Posledním zjištěným parametrem byla hodnota smykové rychlosti plastu při vstřikování 40 000 1/s a maximální rozdíl teplot vstřikovaného plastu v dutině formy 20,7 °C. Tyto hodnoty jsou dle tabulek zadavatele úkolu hraniční. Po odzkoušení vstřikovací formy by bylo vhodné v případě degradace materiálu upravit průměr vtoku tak, aby byly tyto hodnoty optimalizovány.

Parametr	Hodnota
Dotlak	18 s
Chlazení	35 s (18 s+17 s)
Čas cyklu	3+18+17+22=60 s
Uzavírací síla	759,2 kN
Vstřikovací tlak	62,7 MPa
Výkon vstřikolisu	52,6 ccm/s
Smyková rychlost	40 000 1/s
Rozdíl teplot	20,7 °C

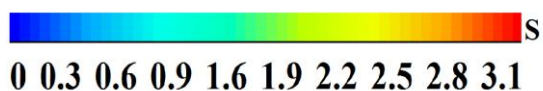
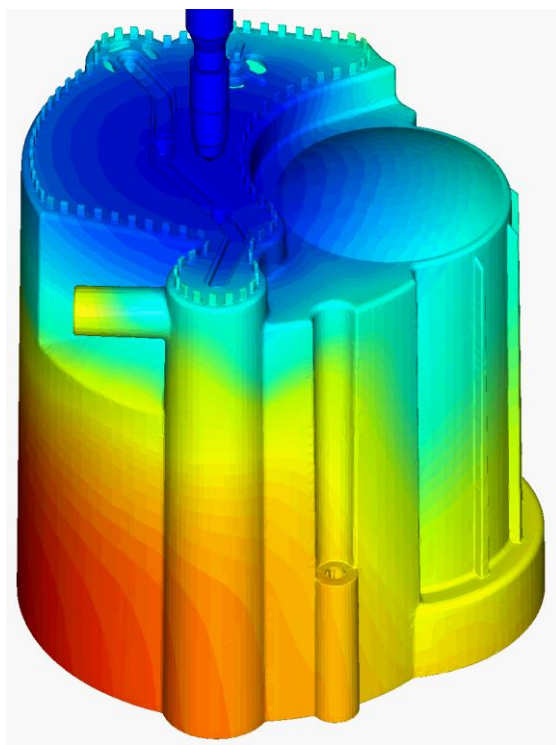
Tabulka 10 Výsledky simulace Cadmould

22.2.1 Plnění dutiny

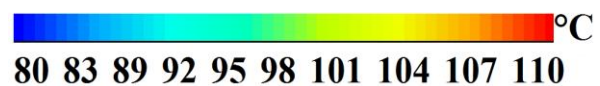
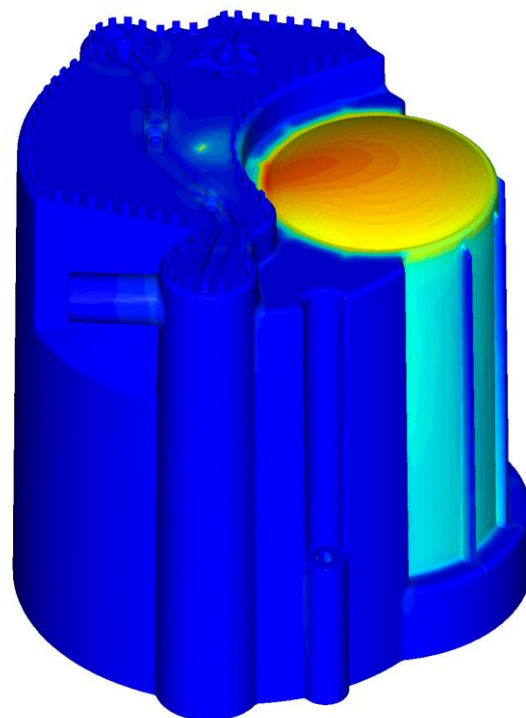
Na Obr.: 62 je zobrazen čas plnění, přičemž modře jsou znázorněna nejrychleji zaplněná místa a červeně nejpozději plněná. Doba plnění vyplývá z předem dané hodnoty dle tabulek zadavatele úkolu a byla zadána jako vstupní parametr při simulačním výpočtu, v tomto případě dosahuje hodnoty 3 s. Výstřik je ve formě plněn postupně ze dna do jednotlivých stěn. Z obrázku průběhu plnění obrázku je patrné, že nejpozději je plněna stěna v dolní části výstřiku. Do této části by tedy bylo vhodné umístit odvzdušnění dutiny formy.

22.2.2 Teplota dutiny při odformování

Teplota dutiny formy po skončení chlazení je patrná na obrázku Obr.: 63. Na obrázku je zobrazen otisk tvarových dutin formy na stěny výstřiku. Na konci chlazení, tedy v čase odformování výstřiku, nesmí žádná z částí výstřiku dosahovat teploty vyšší než 110°C. Právě této teploty dosahuje pouze dno tlakové nádoby, zbytek výstřiku je již chladný. Čas chlazení tedy byl stanoven na 35 s. Tento čas v sobě obsahuje i čas působení dotlaku, viz kapitola 22.2.3, jelikož výstřik je v dutině formy chlazen od vstřiku až po jeho vyhození. Jak již bylo řečeno, jedná se pouze o teoretický čas. Ve skutečnosti bude čas chlazení vyšší, jelikož jeho výpočet bude ovlivněn umístěním kanálů chladicího systému.



Obr.: 62 Průběh plnění

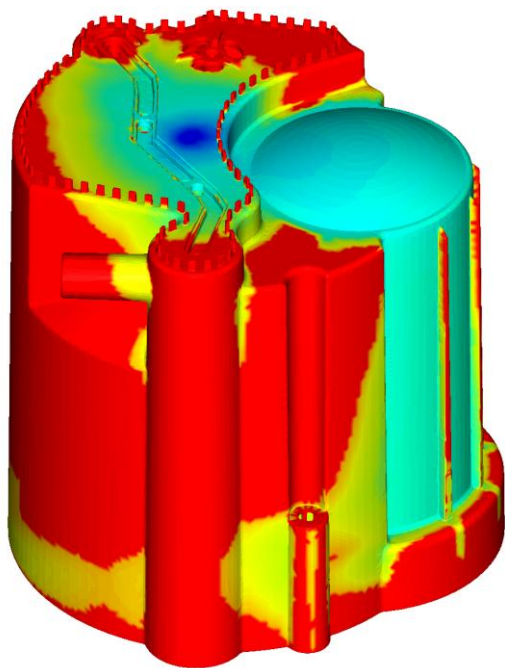


Obr.: 63 Teplota dutiny při odformování

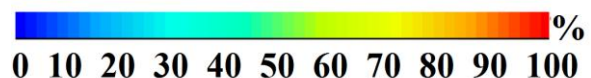
22.2.3 Dotlak

Po vstřiku plastu dochází k jeho tuhnutí a smršťování. Vlivem těchto jevů dochází k úbytkům materiálu v dutině formy, aby nedocházelo k propadům je nutné do tvarové dutiny dotlačovat chybějící plast. Toto opatření při správně nastaveném vstřikovacím cyklu dovoluje dosáhnout kvalitních výstřiků bez propadlin. Dotlačování je však možné provádět pouze pokud plast ještě není ztuhlý. Na obrázku Obr.: 64 je zobrazen začátek fáze dotlaku v čase 3 s. Obrázek zobrazuje tuhnoucí plast v dutině formy. Červeně je vyznačena oblast s již ztuhlým plastem, modře je pak značena oblast, kde je plast ještě měkký. V ideálním případě plast tuhne postupně směrem k vtoku a nevznikají tak uzavřená místa s neztuhlým plastem, do kterých není možné plast dotlačit.

Na obrázku Obr.: 65 je zobrazen konec fáze dotlaku. Z obrázku je patrné, že na konci dotlaku v čase 18 s vznikla uzavřená oblast (žlutá barva), kam není možné plast dotlačit. V tomto místě by mohlo dojít ke vzniku propadlin. Tento nedostatek byl pravděpodobně způsoben tím, že v místě dna tlakové nádoby (vypouklá část dna výstřiku) výstřik dosahuje vyšší tloušťky stěny než jeho okolí. Zbytek výstřiku je v tento čas již zcela ztuhlý a nevznikají tedy ani další potenciální místa s případným výskytem propadlin.



Obr.: 64 Začátek dotlaku – červeně ztuhlý plast



Obr.: 65 Konec dotlaku – červeně ztuhlý plast

23 Odvzdušnění formy

Odvzdušňovací systém je jedním z důležitých systémů vstřikovací formy, který bývá v konstrukční fázi často opomíjen a ke slovu přichází až při zkoušení hotové formy. Nedokonalým odvzdušněním vzniká řada vad. Neodvedeným vzduchem uzavřeným v tvarových dutinách formy mohou vznikat technologické problémy jako nedostříky, spálená místa, bubliny, studené spoje, vnitřní pnutí, zvýšení anizotropie, nutnost zvýšení vstřikovacího tlaku a velké tlakové spády v dutině formy. Z těchto důvodů je vhodné se na odvzdušňovací systém zaměřit již při návrhu vstřikovací formy, nevzniknou tak problémy při jejím ožívování.[17]

Odvzdušnění musí být realizováno v místě uzavírání vzduchu. Tato místa mohou být určena na základě počítačové simulace plnění, na základě zkušenosti konstruktéra formy či při ožívování formy. Po identifikaci problematických míst může být přistoupeno k vytvoření systému umožňujícího odfuk vzduchu z dutiny formy do atmosféry. Odvzdušnění může být realizováno v hlavní dělicí rovině, vedlejší dělicí rovině, vůlemi mezi tvarovými vložkami, vůlemi mezi pohyblivými částmi formy, odvzdušňovacími kanály či speciálními odvzdušňovacími vložkami. Tloušťka odvzdušňovacích kanálů závisí na typu a viskozitě vstřikovaného materiálu, na délce toku taveniny, na konstrukci výstřiku a na nastavených technologických parametrech jako teplota taveniny, teplota formy, rychlost vstřikování, vstřikovací tlak a dotlak.[17] Při vstřikování však hloubka odvzdušňovací mezery nesmí způsobit přetoky na výstřiku. Z těchto důvodů je dobré řídit se empirickou maximální hodnotou hloubky odvzdušňovacího kanálu pro příslušný plast, viz Tabulka 11.[4]

Plast	Mezera[mm]
PS, ABS	do 0,05
PE, PP	do 0,04
PA	0,02 až 0,03
PPO	do 0,04
PBT	do 0,03
PC	do 0,05
POM	do 0,05
Sklem plněné	0,05 až 0,08
Strukturální pěny	do 0,1

Tabulka 11 Hloubky odvzdušňovacích mezer v závislosti na vstřikovaném materiálu[4]

Provozem formy dochází ke zvětšování vůlí a zlepšování odvzdušnění, ale také dochází ke zhoršení požadovaných jakostních parametrů. Odvzdušňovací systém by měl být periodicky čištěn, jelikož při provozu dochází k jeho zanesení konzervačními prostředky či zplodinami z polymerních tavenin a eliminuje se tak jeho odvzdušňovací funkce.[17]

23.1 Dimenzování odvzdušnění[17]

Hmotnost vzduchu v tvarové dutině formy G_1

$$G_1 = V_1 \cdot \gamma = 0.000158 \cdot 1.16 = 1.83 \cdot 10^{-4} \text{ kg} = 0.183\text{g} \quad (23.1)$$

V_1 ... objem tvarové dutiny [m^3]

γ ... měrná hmotnost vzduchu při teplotě 20°C [kg/m^3]

Teplota stlačeného vzduchu podle polytropické změny T_2

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0.13} = 293 \left(\frac{2.5}{0.01}\right)^{0.13} = 600,6 \text{ K} \quad (23.2)$$

T_1 ... teplota vzduchu před plněním [K]

p_1 ... tlak v dutině formy před plněním (atmosférický tlak) [kg/mm²]

p_2 ... tlak stlačeného plynu v dutině formy na konci plnění [kg/mm²]

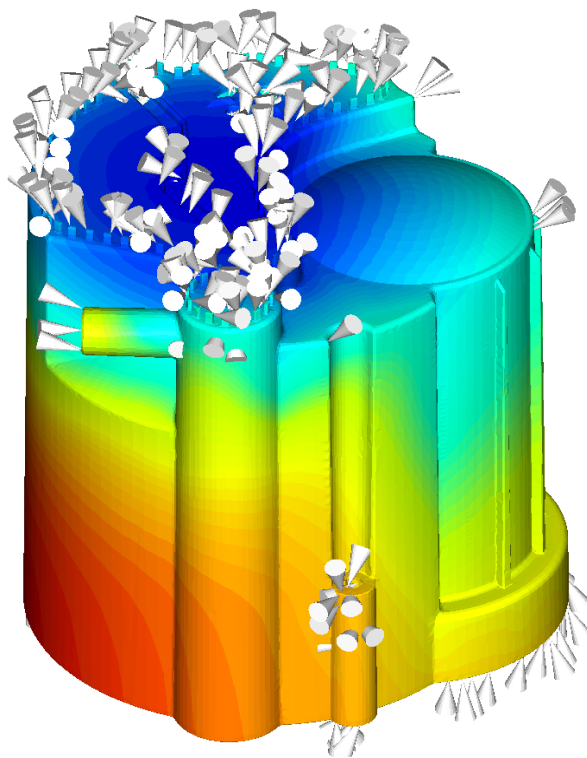
Minimální průřez odvzdušňovacích kanálů f

$$f = 2,5\sqrt{T_2} \cdot \frac{G_1}{p_1 \cdot t} = 2,5 \cdot \sqrt{600,6} \cdot \frac{1,83 \cdot 10^{-4}}{0,01 \cdot 3} = 0,374 \text{ mm}^2 \quad (23.3)$$

t ... doba plnění formy [s]

23.2 Místa uzavírání vzduchu

Místa uzavírání vzduchu byla určena z moldflow simulace Cadmould poskytnuté zadavatelem úkolu. Ze simulací vyplynulo, že kritickými místy jsou spodní hrana výstřiku a nátrubek. Ostatní místa uzavírání vzduchu (např. malé výstupky ve dně výstřiku) odvzdušněna nebudou, dle zkušenosti zadavatele úkolu s obdobnými výstřiky však jejich neodvzdušnění nezpůsobuje problémy. Odvzdušňovací systém bude odzkoušen a případně upraven při zkušebním provozu formy.

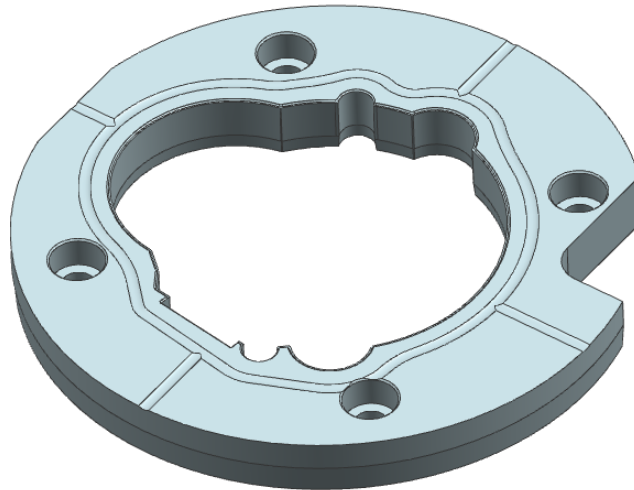


Obr.: 66 Místa uzavírání vzduchu

23.3 Návrh odvzdušnění

23.3.1 Odvzdušnění v hlavní dělicí rovině

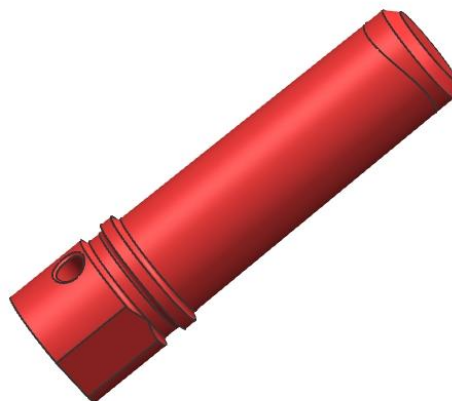
Odvzdušnění v hlavní dělicí rovině, které je zobrazeno na Obr.: 67. Odvzdušnění se sestává z odvzdušňovacího kanálku, sběrného kanálku a drážek ústících do atmosféry. Vzduch uniká pomocí odvzdušňovacího kanálku tloušťky 0,02 mm, která je dle zkušeností zadavatele úkolu hraniční, vytvořeného mezi dutinou formy a sběrným kanálkem. Ze sběrného kanálku, který je zasahuje do hloubky 0,5 mm radiusem R6 a kopíruje obvod výstřiku, poté vzduch proudí odvzdušňovacími drážkami do atmosféry.



Obr.: 67 Odvzdušnění v hlavní dělicí rovině

23.3.2 Odvzdušnění nátrubku

Odvzdušnění u nátrubku, které je patrné na Obr.: 68, je řešeno stejně jako v předešlém případě, tedy kontinuálně. Odvzdušňovací kanály a drážky byly v tomto případě vytvořeny na jádru vytvářejícím vnitřní průměr nátrubku. Vzduch je opět nejprve vyveden z tvarové dutiny mezerou 0,02mm (malý nákrček na jádru) a poté přes odvzdušňovací kanál (drážka v jádře a ploška) a dále odvodnými kanály ve velkém šupáku do atmosféry.



Obr.: 68 Odvzdušnění u jádra pro nátrubek

24 Simulace průhybu desek

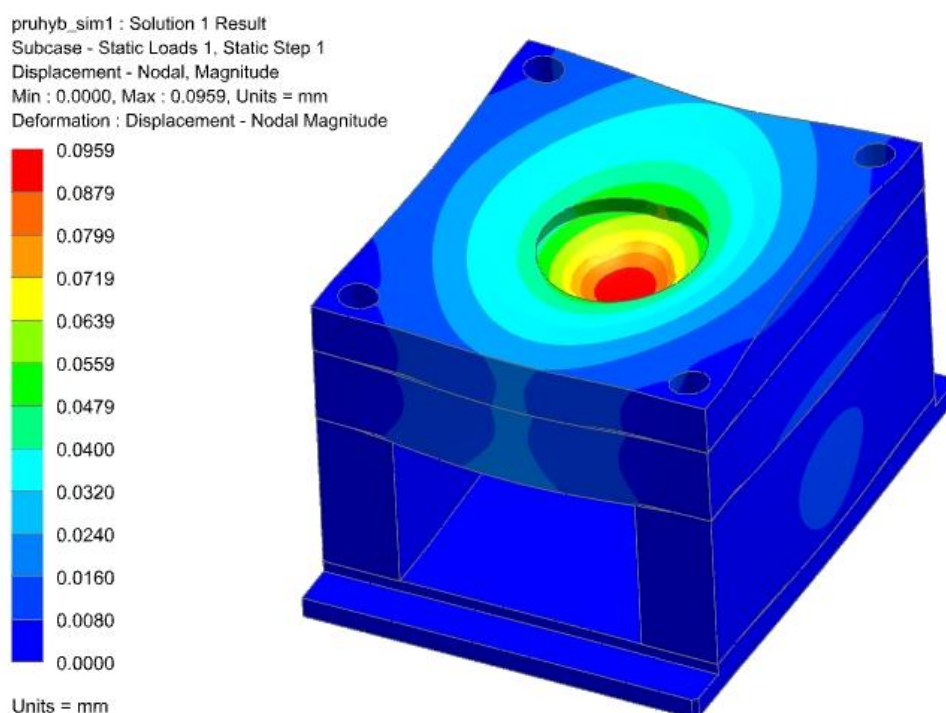
Při působení vstřikovacího tlaku na desky pohyblivé části formy, může dojít k jejich průhybu a tím také k přetokům plastu v hlavní dělicí rovině formy. Aby k takovému případu nedošlo, budou desky pohyblivé části formy podrobeny simulačnímu výpočtu v software Uni-graphics NX 8.5.

24.1 Okrajové podmínky

Pohyblivá část formy byla zjednodušena tím, že byly odstraněny drobné prvky. Pro zahrnutí těchto drobných prvků by bylo potřeba vytvořit jemnou výpočtovou síť a tím by došlo ke zbytečnému navýšení času výpočtu. Při působení tlaku je forma uzavřena. Uvažuje se tedy, že v místě uložení vodičích pouzder nemůže dojít k posunu v horizontálním směru. Dále je uvažováno, že v místě kontaktu upínací desky a stroje nemůže dojít k posunu ve směru vertikálním. Spojení desek je vytvořeno pomocí funkce surface to surface gluing s nastavenými rozdílnými tuhostmi v tečném a normálovém směru tak, aby odpovídali plošnému kontaktu. Desky jsou zatíženy vstřikovacím tlakem 62,7 MPa působícím na průmět výstřiku do dělicí roviny, viz výsledky simulace moldflow kapitola 22.2.

24.2 Výsledky

Z výsledku simulace průhybu desek (Obr.: 69) je patrné, že dochází k poměrně velkému průhybu desek tvárníku téměř o 0,1 mm. Jelikož byly zanedbány drobné prvky a kanály, předpokládá se, že průhyb bude ve skutečnosti ještě větší. Z tohoto důvodu budou rozpěrky doplněny rozpěrnými sloupky MEUSBURGER E1510 o průměru 100 mm. Tyto sloupky vytvářejí dodatečnou oporu desek pohyblivé části formy a zmenšují tak jejich průhyb při působení vstřikovacího tlaku. Nejvíce zatěžovaná oblast se však nachází přímo nad uchycením vyhazovací tyče. Z tohoto důvodu budou muset být sloupky lehce vychýleny od kritické oblasti tak, aby nenarušovaly chod vyhazovacího systému.



Obr.: 69 Průhyb desek pohyblivé části formy

25 Simulace AeroFlow

Zadavatelem úkolu byla dále poskytnuta tepelná simulace tvarových částí vstřikovací formy. Simulace rozložení teplot na tvárnici a tvárníku byla provedena v softwaru AeroFlow. Tento software byl vytvořen dle požadavků zadavatele úkolu. Veškeré díly tvořící tvárník byly spojeny dohromady, stejně tomu bylo i u tvárnice. Takto připravené modely byly nasítovány 3d prvky. Ohřev tvárníku a tvárnice je definován pomocí výstřiku ulpívajícího na jejich povrchu. Výstřík předává teplo tvarovým částem po dobu chlazení a dotlaku. Tato doba byla stanovena pomocí simulace Cadmould na 35s. Aby mohlo dojít k výpočtu, musel být model doplněn o chladicí kanály, jde o podmínku vyplývající z použitého softwaru. Tyto kanály však byly umístěny do míst, kde neovlivní teplotu vnesenou do tvarových částí výstřikem. Dále byl specifikován materiál tvarových částí a také vlastnosti chladicího media. Takto připravený model, již mohl být podroben výpočtu. Nastavení simulace je patrné z Tabulka 12.

Podmínky		Cyklus	
Vstupní tlak kapaliny	10 bar	Doba zahřívání	35 s
Výstupní tlak kapaliny	5 bar	Doba chlazení	12 s
Vstupní teplota	80 °C	Teplota plastu - začátek	205 °C
Drsnost povrchu	130 um	Teplota plastu – konec	110 °C
Počáteční teplota tělesa	80 °C	Tloušťka nástřiku	2 mm
Kapalina		Těleso	
Molární hmotnost	18 g/mol	Hustota	8100 kg/m ³
Hustota	972 kg/m ³	Měrná tepelná kapacita	813 J/kg/K
Měrná tepelná kapacita	4198 J/kg/K	Součinitel tepelné vodivosti	25.5 W/m/K
Dynamická viskozita	3.51E-4 Pa.s		
Prandtlovo číslo	2.23		

Tabulka 12 Nastavení simulace AeroFlow

25.1 Výsledky simulace

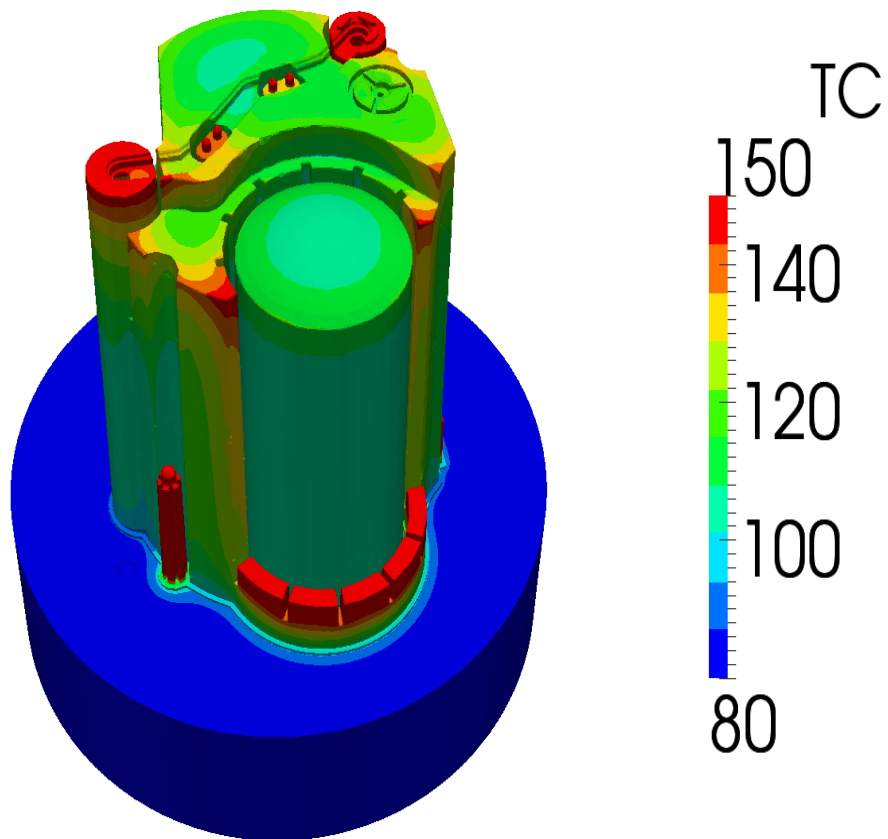
Na obrázcích Obr.: 70 a Obr.: 71 jsou teplotně kritická místa škálována od červené barvy (150°C), tato místa musejí být přednostně vychlazena, po barvu temně modrou (80°C), místa s nízkou teplotou. Ze simulace také vyplývá, že teplotně ovlivněná oblast nesahá hluboko pod povrch. Z těchto důvodů musí být kanály chladicího systému umístěny, co nejbliže povrchu, tak aby bylo teplo efektivně odváděno, ale zároveň od něho dostatečně vzdáleny, tak aby nedocházelo k mechanickému poškození.

25.1.1 Tvárník

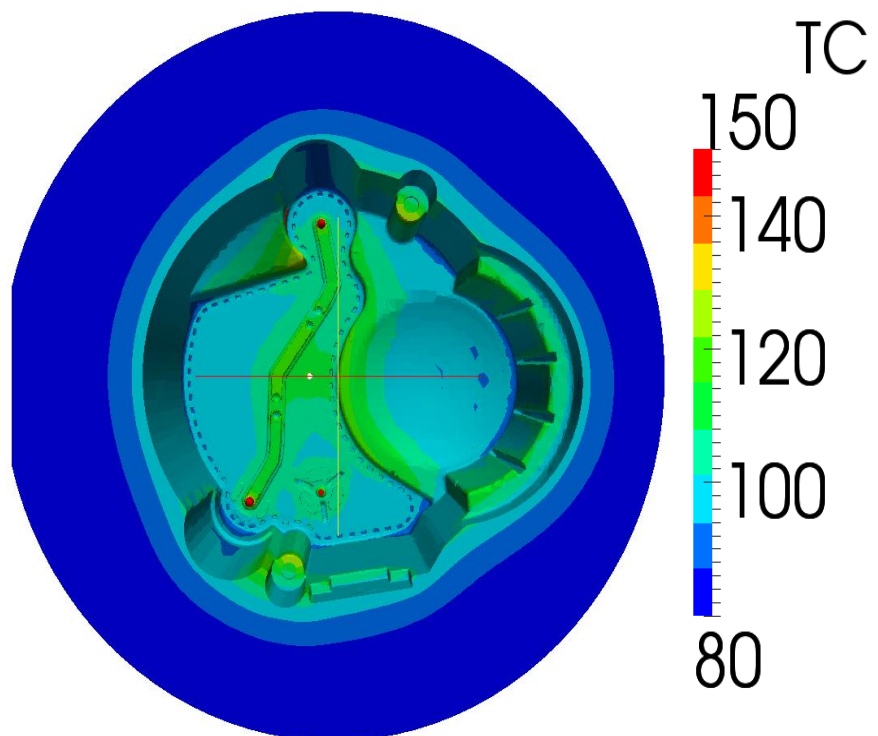
Z obrázku Obr.: 70 je patrné, že teplotně kritická místa se u tvárníku vyskytují především v oblasti dlouhých tvarových jader, malých trnů, ostrých rohů a „hradby“ v jeho spodní části. Z těchto míst musí být teplo přednostně odváděno tak, aby došlo k požadovanému snížení doby chlazení a tedy i vstřikovacího cyklu.

25.1.2 Tvárnice

Ze simulace tvárnice, viz obrázek Obr.: 71, vyplynulo, že je poměrně chladná. Tepelně kritická místa se nacházejí pouze v oblasti velmi malých trnů a jádřka pro vytvoření nátrubku. Tato místa by však bylo vzhledem k jejich malým rozměrům velmi problematické vychladit a proto bude jejich vliv na teplotu výstřiku zanedbán.



Obr.: 70 Rozložení teplot na tvárníku v °C



Obr.: 71 Rozložení teplot tvárnice v °C

26 Temperační systém – varianta 1

Po provedení simulačních výpočtů, viz kapitola 25, mohlo být přistoupeno k vytvoření temperačního systému, který slouží k optimalizaci teploty v dutině formy, zkrácení doby tuhnutí plastu a tím i k snížení času výrobního cyklu. Temperační systém byl navržen ve dvou variantách, přičemž první z nich se zabývá tato kapitola. Pro vychlazení byly dle požadavku zadavatele úkolu použity vrtané kanály o průměru 8 a 10 mm. Kanály jsou z bezpečnostních důvodů vyvedeny na stranu odvrácenou obsluze. Zde jsou kanály opatřeny přípojkami MEUSBURGER E2000. Veškeré přípojky a přepážky jsou dodatečně těsněny teflonovou páskou, aby byla zajištěna těsnost šroubových spojů. Pro vytvoření požadovaného temperačního systému je ve vrtaných kanálech použito zásepek s o-kroužky MEUSBURGER E2079. Takto vytvořená temperace tvárníku a tvárnice pomocí vrtaných kanálů se vyznačuje poměrně jednoduchou výrobou a nízkou cenou. Problém však nastává u tvarově komplikovaných tvárníků a tvárníc. V takovém případě nelze vrtanými kanály dostatečně kopírovat tvarově složitý povrch funkčních dílů a dosáhnout tak optimálního vychlazení. Z toho důvodu pak dochází k navýšení času chladicího cyklu či nežádaným deformacím výstřiku.

26.1 Temperační systém tvárníku

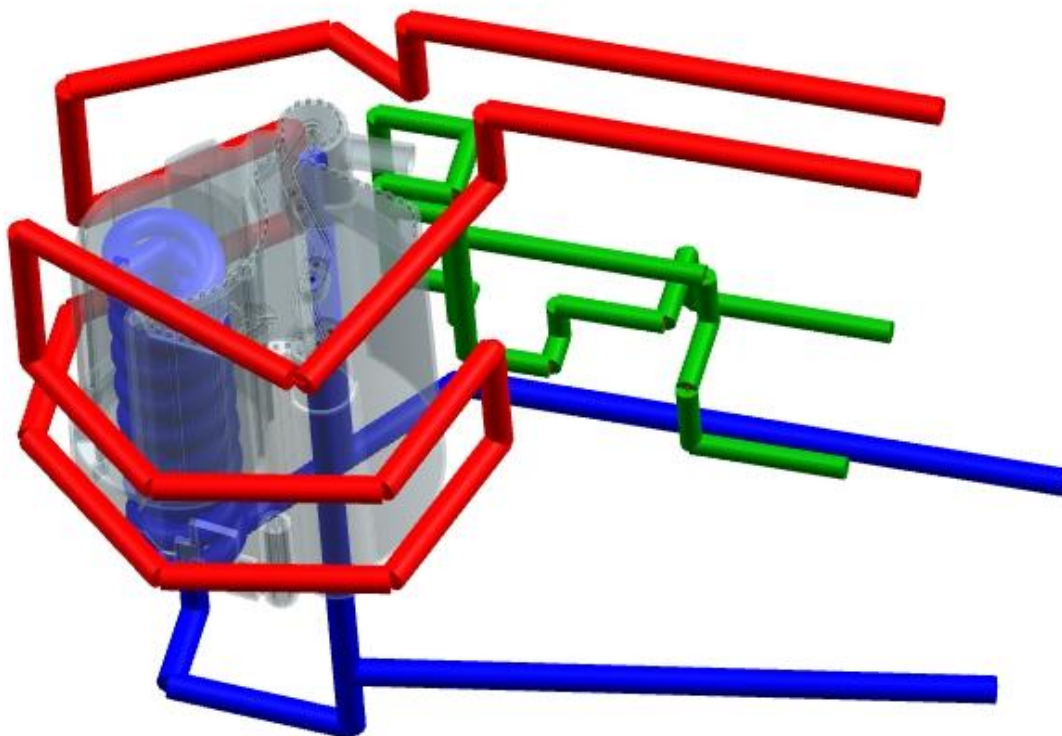
Temperační okruhy tvárníku jsou zobrazeny na Obr.: 72, jsou značeny modrou barvou. V případě dlouhých jader byly chladicí kanály vytvořeny pomocí vrtaného kanálu o průměru 10 mm a přepážkou MEUSBURGER E2100. Dále je jedno z jader vychlazeneno pomocí spirálového jádra MEUSBURGER E2120.

26.2 Temperační systém tvárnice a šupáku

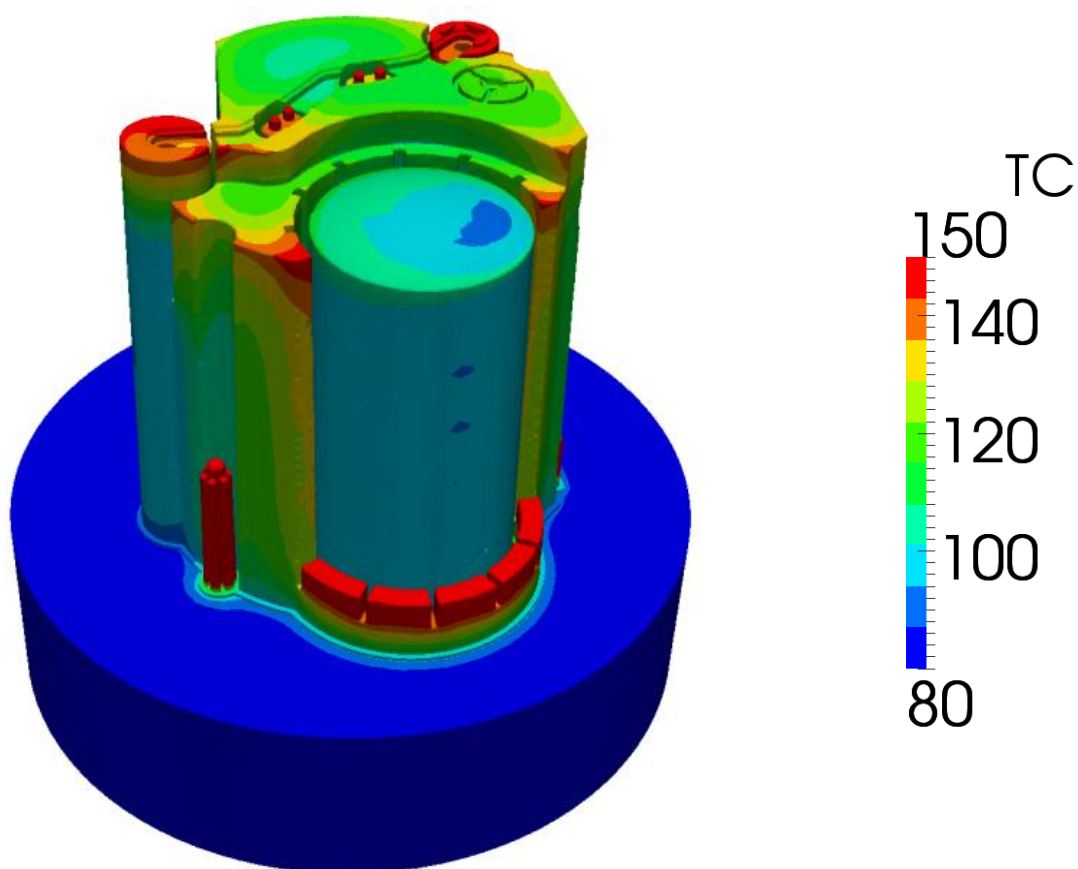
Ze simulace, viz kapitola 25.1, vyplynulo, že je tvárnice oproti tvárníku poměrně chladná, stejně tak tomu bylo i u velkého bočního šupáku. Z tohoto důvodu byly v tvárnici a velkém šupáku vytvořeny kanály, které však neslouží k chlazení během cyklu, ale k prvotnímu vyhřátí dutiny na provozní teplotu a její udržování. Tyto kanály jsou patrné na Obr.: 72, kdy kanály tvárnice jsou značeny červenou barvou a kanály šupáku barvou zelenou.

26.3 Simulace tvárníku temperovaného vrtanými kanály

Po návrhu temperačního systému byl proveden výpočet rozložení tepla na tvárníku v průběhu vstřikovacího cyklu, jako tomu bylo v kapitole 25, kdy byl však počítán tvárník bez temperačního systému. Na Obr.: 73 je patrné rozložení teploty na tvárníku temperovaného vrtanými kanály, tak jak bylo popsáno výše. Z obrázku je patrné, že se na tvárníku nacházejí horká místa (vyznačena červenou barvou), která by způsobovala prodloužení chladicího cyklu a tím pádem i celého vstřikovacího cyklu výstřiku. K těmto místům nebylo možné přivést vrtané kanály, především z důvodu malých rozměrů a tvarové složitosti dílu. Proto jejich chlazení bude řešeno v druhé variantě temperačního systému, viz 47.



Obr.: 72 Vrtané temperování

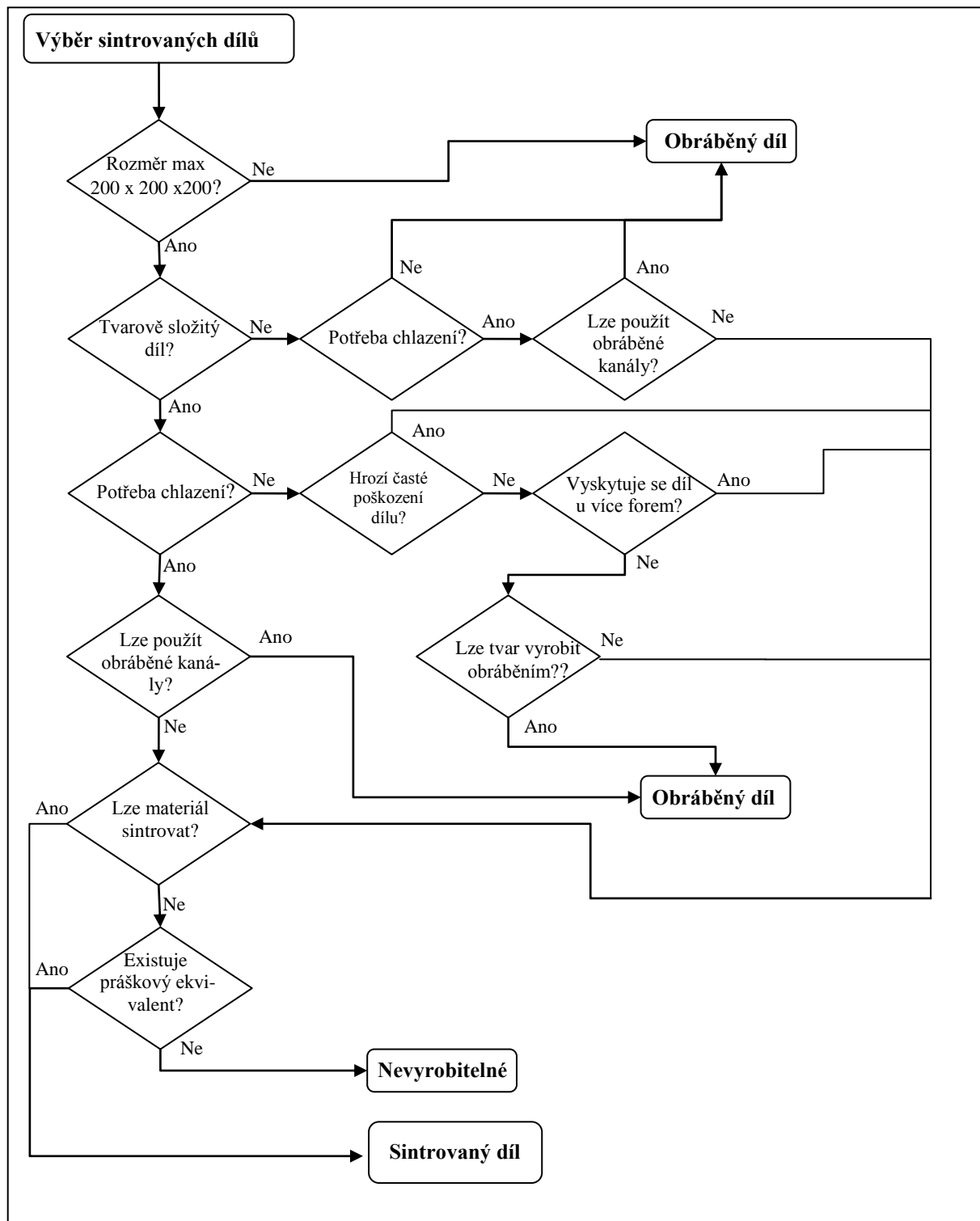


Obr.: 73 Vrtané temperování tvárníku – teplota v °C

27 Temperační systém – varianta 2

27.1 Výběr sintrovaných dílů

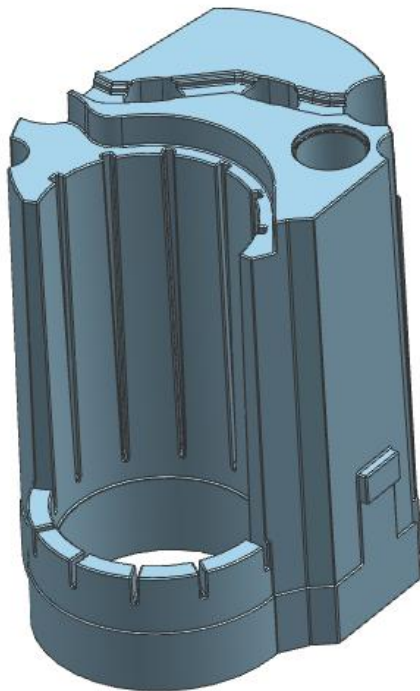
Vzhledem k finanční náročnosti sintrovaných dílů, musí být zvolení dílu pro sintrování řádně zdůvodněno. Z tohoto důvodu byla vypracována metodika pro výběr sintrovaného dílu (Obr.: 74), která je založena na tvarové složitosti dílu, použitém materiálu, servisování a možnostech obrábění.



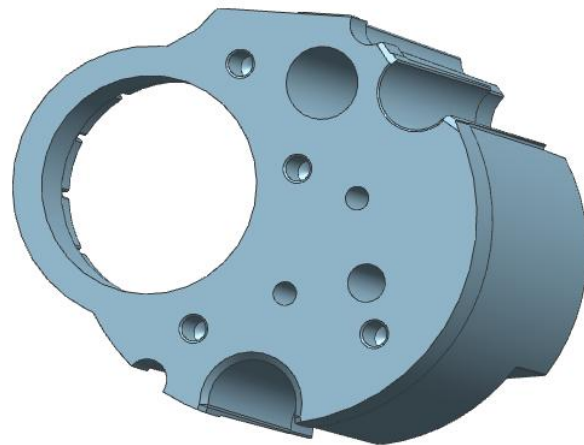
Obr.: 74 Výběr sintrovaného dílu

27.1.1 Tvárník

Na základě navržené metodiky výběru dílů určených pro sintrování byla vybrána hlavní část tvárníku (Obr.: 75 a Obr.: 76). Na tomto dílu tvárníku se nachází množství nepřístupných míst, jako jsou ostré výběžky a prstence. Tento díl by bylo konvenčním vrтанým systémem kanálů velice obtížné vychladit. Nedostatky vrтанého chladicího systému byly patrné v kapitole 26. Tvárník je navíc přístupný pouze z dolní části, ostatní plochy již jsou funkční a utvářejí povrch výstřiku. Prostory pro vychlazení tvárníku jsou dále omezeny vloženými jádry a spojovacími šrouby. Dalším důvodem pro výrobu sintrováním je tvarová náročnost ploch tvárníku, pomocí sintrování je možno tyto komplikované plochy předvyrobit. Takto vyrobený díl je však třeba dále upravit pomocí dokončovacích operací, aby bylo dosaženo požadovaných vlastností povrchu výstřiku.



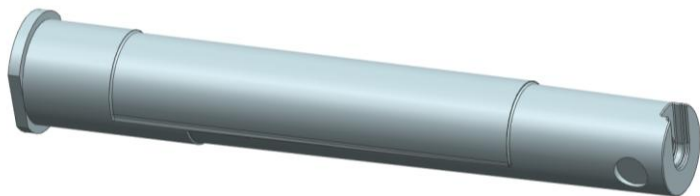
Obr.: 75 Tvárník



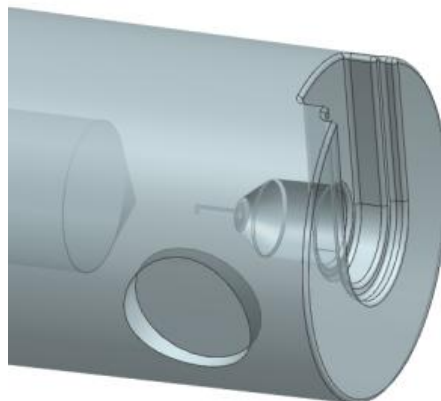
Obr.: 76 Tvárník - druhá strana

27.1.2 Dlouhá jádra č. 6 a č. 7

Obdobně byla vybrána i jádra č. 6 a č. 7, viz Obr.: 77 a Obr.: 78. U těchto jader se vyskytly teplotní extrémny v jejich horní části, kam není možné přivést vrтанé kanály, jelikož jsou zde dutiny pro vytvoření dýz na dně výstřiku. V první variantě chladicího systému byla tato jádra vychlazena pomocí kanálu s přepážkou, toto řešení však bylo nedostatečné. Proto i tato jádra bude vhodné vyrobit pomocí laserového sintrování, kdy je možné do jinak nepřístupných míst dovést potřebné chladicí kanály. Dále bude usnadněna jejich výroba, jelikož komplikované tvarové plochy budou vyrobeny pomocí sintrování.



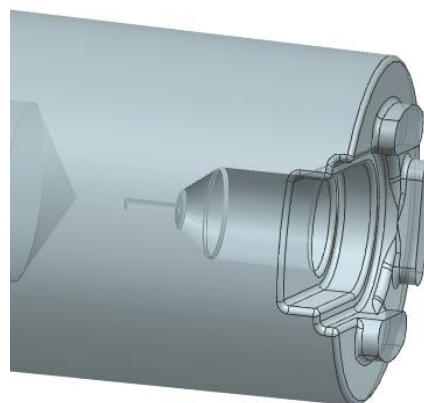
Obr.: 77 Jádro č. 6



Obr.: 78 Jádro č. 6 - detail



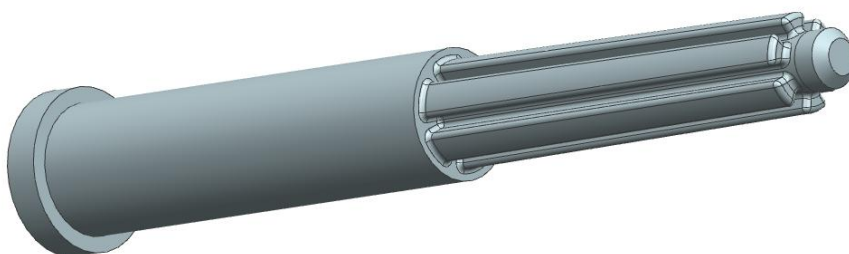
Obr.: 79 Jádro č. 7



Obr.: 80 Jádro č. 7 - detail

27.1.3 Jádro č. 1

Tento díl byl pro výrobu sintrováním vybrán především z důvodu jeho použití u více druhů vstříkovacích nástrojů. Jedná se o poměrně tvarově složitý díl, jehož výroba je komplikovaná a je tedy vhodné využít sintrování pro jeho výrobu, kdy může být sintrováno více polotovarů najednou a může tak být dosaženo žádané efektivity při výrobě vstříkovacích nástrojů.



Obr.: 81 Jádro č. 1

27.2 Temperace pohyblivé části formy

Vrtaný temperační systém navržený v kapitole 26 byl doplněn o sintrované kanály. Bylo tak možno umístit temperační kanály i do míst, kam se běžnými vrtanými kanály nebylo možné dostat. Pro sintrování byly vybrány díly, viz kapitola 27.1.

27.2.1 Jádra č.6 a č.7

Jádra, viz obrázky Obr.: 82 a Obr.: 84 jsou tvořena tzv. sendvičem, kdy je spodní část vyráběna obráběním a vrchní část sintrováním, viz obrázek. Temperační systém je u obou jader vytvořen podobně. V dolní obráběné části je díra o průměru 10 mm s přepážkou, která rozděluje díru na dva kanály. První kanál je potom vstupem do sintrovaného tvarového kanálu o průměru 2 mm. Bylo tak možno vyhnout se plochám utvářejícím dýzy a dokonaleji vychladit dno výstřiku.



Obr.: 82 Sintrované kanály jádra č. 6



Obr.: 83 Sintrované kanály jádra č. 6 - druhý pohled



Obr.: 84 Sintrované kanály jádra č. 7



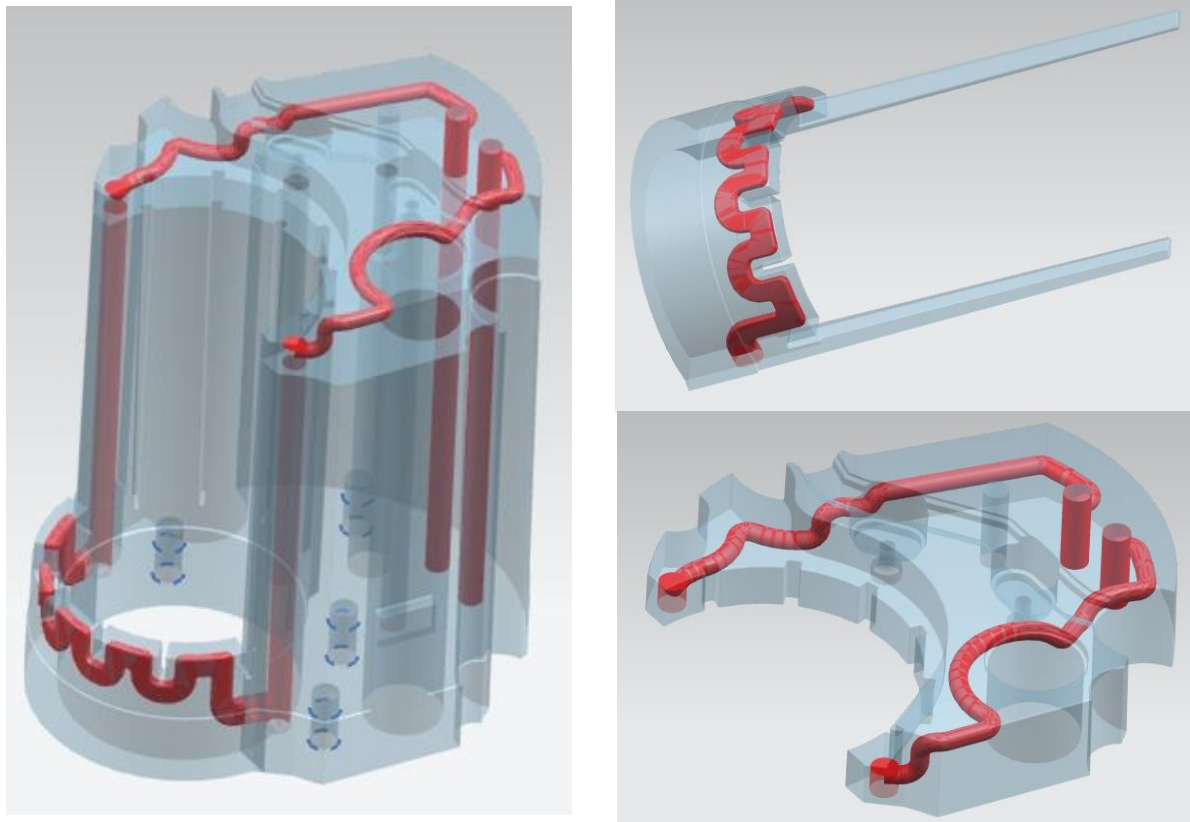
Obr.: 85 Sintrované kanály jádra č. 7 - druhý pohled

27.2.2 Tvárník

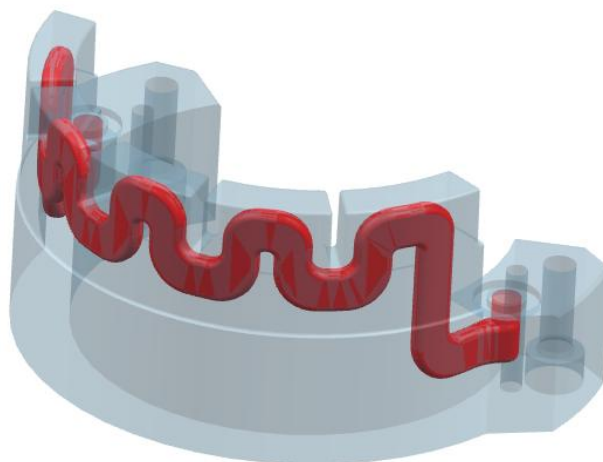
Tvárník, viz obrázek Obr.: 86, je opět proveden jako sendvič tvořený ze tří částí. Kdy je chladicí kapalina nejprve dovedena do horní části pomocí vrtaného kanálu o průměru 8mm, tento kanál ústí do sintrovaných kanálů o průměru 4 mm kopírujících nerovnosti horní části tvárníku. Na sintrovaný kanál navazuje vrtaný kanál 4 mm, který odvádí kapalinu do

„hradby“ ve spodní části a obdobnou cestou na druhé straně tvárníku je kapalina vyvedena zpět.

Nejprve bylo uvažováno sintrování tvárníku ve dvou rovinách, kdy by byla sintrována horní část tvárníku, poté by byl tvárník natočen a byla by dosintrována spodní část. Takto by však dle zkušenosti zadavatele nebylo možno vyrobit „hradbu“ ve spodní části tvárníku, kdy by bylo problematické upnutí do stroje a také při daných rozměrech dle zkušeností dochází k propadům materiálu. Z tohoto důvodu byla „hradba“ vytvořena pomocí vložky, jejíž poloha je zajištěna kolíky a spojena šrouby s tvárníkem, viz obrázek Obr.: 87.



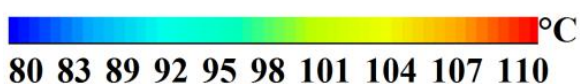
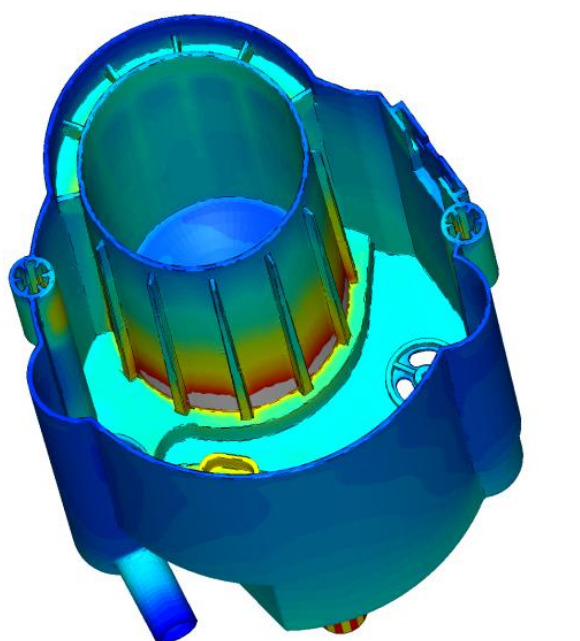
Obr.: 86 Sintrovaný tvárník a jeho detaily



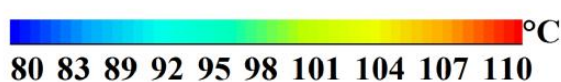
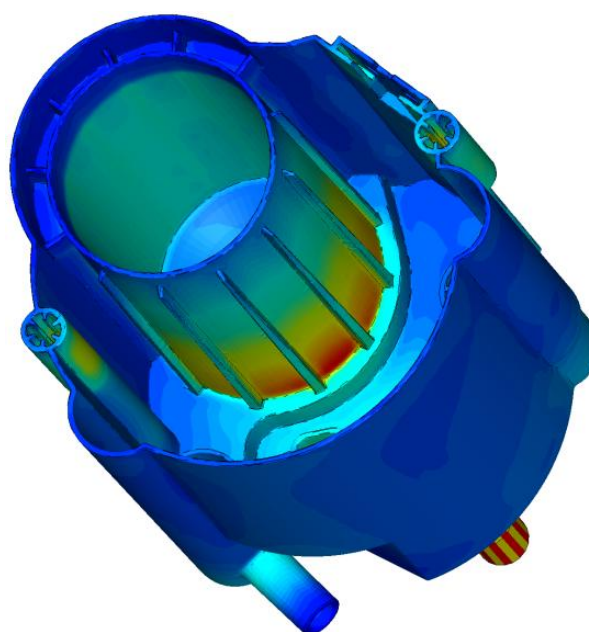
Obr.: 87 Vložka tvárníku se sintrovanými kanály

28 Porovnání variant chladicího systému

Po návrhu temperačních kanálů u jednotlivých variant mohla být provedena moldflow analýza výstřiku pomocí softwaru Cadmould. Simulace zobrazuje otisk funkčních tvarových částí vstřikovacího nástroje na stěny výstřiku. Aby byl rozdíl chlazení jednotlivých variant dobře patrný, jsou obě varianty zobrazeny ve stejném čase 53 s. Na Obr.: 88 je zobrazeno rozložení teplot při použití vrtaných kanálů. V dolní části tlakové nádoby je vidět, že v tomto čase tato část dosahuje teploty vyšší než je vyhazovací teplota 110°C, překročení této teploty se projevilo bílými oblastmi u dna výstřiku. U druhé varianty, viz Obr.: 89, kdy byly k vrtaným kanálům připojeny kanály sintrované, toto místo již dosahuje teploty 110°C. V teplotně kritickém místě u dna výstřiku však nejsou vedeny žádné temperační kanály a proto je zde další potenciál pro vychlazení a tím pádem i ke snížení doby vstřikovacího cyklu a zekonomičtění výroby. Z tohoto důvodu byl dodatečně sintrovaný temperační systém optimalizován, viz kapitola 28.1.



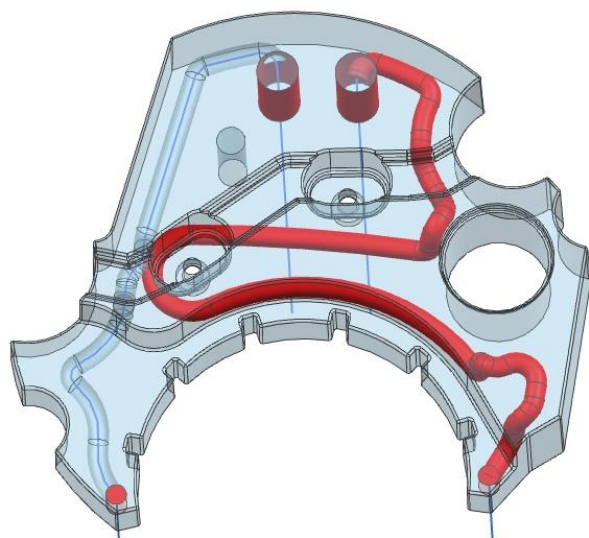
Obr.: 88 Chlazení - vrtané kanály - čas 53s



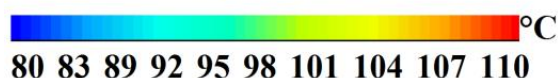
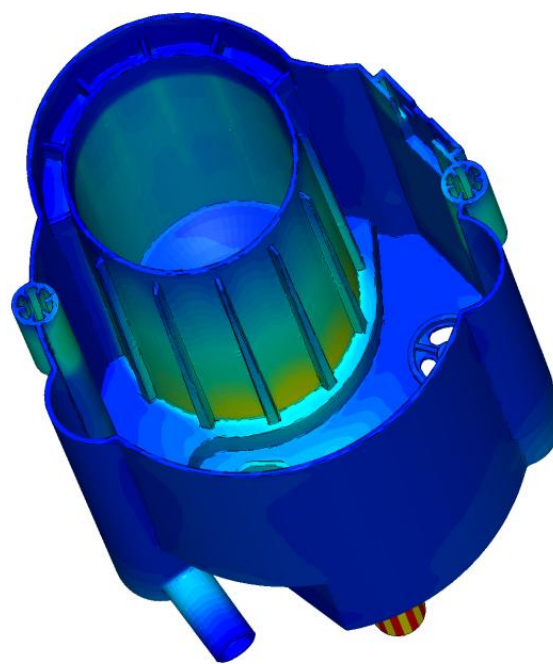
Obr.: 89 Chlazení - sintrované kanály – čas 53s

28.1 Optimalizace sintrovaných kanálů

Při hodnocení moldflow simulace jednotlivých variant byla odhalena chyba ve výsledku simulace Aeroflow. Bylo odhaleno horké místo u dna tlakové nádoby. Simulace Aeroflow toto místo neodhalila, jelikož se při výpočtu uvažuje všude stejná tloušťka stěny výstřiku. Ve skutečnosti však v daném místě výstřik dosahuje větší tloušťky než v ostatních částech a proto zde dochází i ke kumulaci tepla. Na toto místo tedy byl umístěn sintrovaný kanál o průměru 4mm, viz Obr.: 90. Tento kanál kopíruje tuto teplotně kritickou oblast. Díky tomuto kanálu došlo k dalšímu zkrácení času chlazení a tím i ke zkrácení výrobního cyklu. Na Obr.: 91, který opět zobrazuje otisk funkčních tvarových částí vstřikovací formy, je snížení teploty dobře patrné. Aby bylo možné porovnat tuto variantu s předchozími, jsou teploty zobrazeny v čase 53 s.



Obr.: 90 Optimalizované sintrované kanály



Obr.: 91 Chlazení - optimalizované sintrované kanály-čas 53s

28.2 Stanovení časů cyklu pro jednotlivé varianty

V Tabulka 13 jsou shrnuty výsledky pro jednotlivé časy každé z variant. V tabulce jsou dále patrné časy jednotlivých částí vstřikovacího cyklu, přičemž celkový čas cyklu je součtem jednotlivých časů. Nejnižšího času bylo dosaženo u ideálního chlazení, viz kapitola 22. Tento výsledek však uvažuje konstantní odběr tepla z celého výstřiku a proto je tato hodnota pouze teoretická a tedy orientační. V případě vrtaných kanálů bylo dosaženo času cyklu 85 s a v případě vrtaných kanálů v kombinaci se sintrovanými kanály času cyklu 75 s, po optimalizaci cyklu dokonce 70 s. Použití sintrovaných kanálů tedy snížilo čas cyklu o 15 s, což bude mít při velkém objemu výroby, který je u vstřikování obvyklý, značný vliv na konečné náklady na výstřik.

	Ideální chlazení	Vrtané kanály	Vrtané+sintrované	Vrtané + optimalizované sintrované
Vstřik	3 s	3 s	3 s	3 s
Dotlak	18 s	25 s	25 s	25 s
Chlazení	17 s	35 s	25 s	20 s
Forma otevřena	22 s	22 s	22 s	22 s
Čas cyklu	60 s	85 s	75 s	70 s

Tabulka 13 Časy cyklu jednotlivých variant

29 Technickoekonomické hodnocení

29.1 Fixní náklady

Cena jednotlivých variant je odvozena od nacenění tvárníku zadavatelem úkolu. Tyto ceny představují fixní náklady jednotlivých variant.

Parametr	Varianta 1	Varianta 2
Cena tvárníku	262 800 Kč	246 800 Kč
Jádro	34 830 Kč	42 830 Kč
Jádro	40 830 Kč	48 830 Kč
Cena části tvárníku (hradba)	-	49 580 Kč
Celkem	338 460 Kč	388 040 Kč

Tabulka 14 Cena formy

29.2 Variabilní náklady

Pro zohlednění počtu vyrobených výstřiků bylo dále třeba stanovit variabilní náklady jednotlivých variant, které jsou závislé na počtu vyrobených kusů. Tyto náklady byly stanoveny ze strojní hodinové sazby stroje (výpočet dle 29.2.1), mzdy obsluhy (odhadnuto) a materiálu (stanovena dle ceníku [24]). Tyto hodinové sazby byly přepočítány na jeden vyrobený kus pomocí času cyklu varianty s vrtanými kanály a varianty se sintrovanými kanály. Stejně tak byla přepočítána cena materiálu POM na hmotnost jednoho výstříku.

29.2.1 Strojní hodinová sazba

Strojní hodinová sazba (SHS) byla stanovena z jeho pořizovací ceny navýšené o 20 %, jedná se o rezervu na případné opravy. U stroje se předpokládá doba využití 5 let a dvoušměnný provoz. Dále je předpokládáno, že stroj bude pracovat 300 dní v roce. Pořizovací cena stroje byla dle ceníku [25] stanovena na 6 500 000 Kč.

$$SHS = \text{pořizovací cena} \cdot \frac{1.2}{\text{let v provozu} \cdot \text{směnnost} \cdot 8 \cdot \text{odpracovano dni za rok}} \quad (29.1)$$

Po dosazení hodnot do (29.1):

$$SHS = 6500000 \cdot \frac{1.2}{5 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 300} = 325 \text{ Kč/hod} \quad (29.2)$$

29.2.2 Strojní hodinová sazba – sazba na kus

Sazba na jednotlivé kusy byla stanovena z vypočtené hodinové sazby stroje (29.2) a časů cyklů pro jednotlivé varianty, viz Tabulka 13. Sazba byla opět rozpočítána na variantu 1 (29.3) a variantu 2 (29.4).

$$SHS_{\text{ks}} \text{varianta1} = \frac{SHS \cdot \text{čas cyklu}}{3600} = \frac{325 \cdot 85}{3600} = 7,674 \text{ Kč/ks} \quad (29.3)$$

$$SHS_{\text{ks}} \text{varianta2} = \frac{SHS \cdot \text{čas cyklu}}{3600} = \frac{325 \cdot 70}{3600} = 6,319 \text{ Kč/ks} \quad (29.4)$$

29.2.3 Mzda obsluhy – cena na kus

Cena na jednotlivé kusy byla stanovena z odhadnuté mzdy obsluhy a časů cyklů pro jednotlivé varianty, viz Tabulka 13. Pro variantu 1 dle (29.5) a pro variantu 2 dle (29.6).

$$\text{Mzda obsluhy}_{\text{ks}} \text{varianta1} = \frac{\text{mzda obsluhy} \cdot \text{čas cyklu}}{3600} = \frac{150 \cdot 85}{3600} = 3,542 \text{ Kč/kus} \quad (29.5)$$

$$\text{Mzda obsluhy}_{\text{ks}} \text{varianta2} = \frac{\text{mzda obsluhy} \cdot \text{čas cyklu}}{3600} = \frac{150 \cdot 70}{3600} = 2,917 \text{ Kč/kus} \quad (29.6)$$

29.2.4 Cena materiálu na kus

Cena materiálu na jeden kus byla stanovena na základě hmotnosti výstřiku a prodejní ceny materiálu POM. Tato cena je pro obě varianty stejná.

$$\text{Material}_{\text{ks}} = \text{cena materiálu} \cdot \text{hmotnost výstřiku} = 99 \cdot 0.206 = 20,394 \text{ Kč}$$

Parametr	Hodnota	Varianta 1	Varianta 2
Provoz stroje - odhad	325 Kč/hod	7,674 Kč/kus	6,319 Kč/kus
Mzda obsluhy - odhad	150 Kč/hod	3,542 Kč/kus	2,917 Kč/kus
Materiál POM	99 Kč/kg[24]	20,394 Kč/kus	
Celkem	-	31,609 Kč/kus	29,630 Kč/kus

Tabulka 15 Variabilní náklady

29.3 Stanovení nákladového bodu zvratu

Pro posouzení jednotlivých variant bylo zvoleno hodnocení pomocí nákladového bodu zvratu. Tento bod představuje množství výstřiků, u kterého jsou náklady na obě varianty shodné. Lze tak snadno posoudit do jakého množství výstřiků je výhodná jedna varianta, respektive od jakého množství výstřiků je výhodná varianta druhá. Celkové náklady jednotlivých variant jsou stanoveny na základě fixních nákladů (Tabulka 14) a variabilních nákladů závislých na počtu výstřiků (Tabulka 15).

$$\text{FN}_1 + q \cdot \text{VN}_1 = \text{FN}_2 + q \cdot \text{VN}_2 \quad (29.7)$$

Od (29.7) poté odvozeno kritické množství výstřiků q_{kr} :

$$q_{kr} = \frac{\text{FN}_1 - \text{FN}_2}{\text{VN}_2 - \text{VN}_1} = \frac{338460 - 388040}{(6,319 + 2,917 + 20,394) - (7,674 + 3,542 + 20,394)} = 25\,051 \text{ ks} \quad (29.8)$$

FN_1 ... fixní náklady první varianty

FN_2 ... fixní náklady druhé varianty

VN_1 ... variabilní náklady první varianty

VN_2 ... variabilní náklady druhé varianty

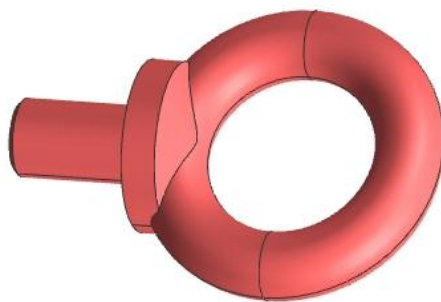
q_{kr} ... kritické množství výstřiků

Varianta se syntrovanými kanály, která vyniká vyššími fixními avšak nižšími variabilními náklady, tedy začne být výhodnější od výroby 25 051 ks výstřiků, což při obvykle předpokládáné životnosti vstřikovací formy jeden milion cyklů přináší značnou úsporu.

30 Manipulace s formou

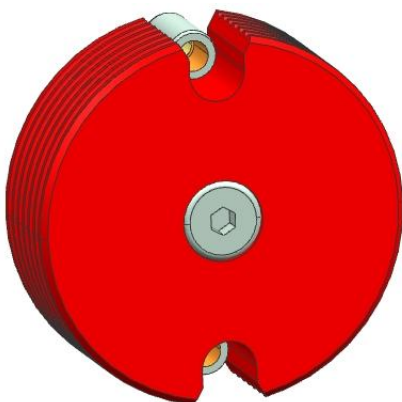
Při sestavování, servisování či upínání vstřikovací formy do stroje je s ní potřeba náležitě manipulovat. Je třeba umožnit její převoz, natáčení apod.

Pro umožnění manipulace, jak s jednotlivými deskami formy tak i se složenou vstřikovací formou, je rám formy opatřen závity pro závěsná oka MEUSBURGER E1270, viz Obr.: 92. Závity jsou ve všech deskách dimenzovány na polovinu hmotnosti formy. Pro upevnění vstřikovací formy je tedy nutné použít vždy minimálně dvě závěsná oka nejlépe tak, aby výslednice sil mířila do těžiště a nedocházelo tak k natáčení formy. Závěsná oka je možno montovat do různých míst na vstřikovací formě a uzpůsobit tak uchycení formy konkrétním požadavkům v určitém okamžiku. Formu je tedy možné pomocí závěsných ok převážet či natáčet. Stejně tak jsou závity opatřeny i desky vyhazovacího systému. Tyto závity jsou však dimenzovány jen na hmotnost vyhazovacího systému.

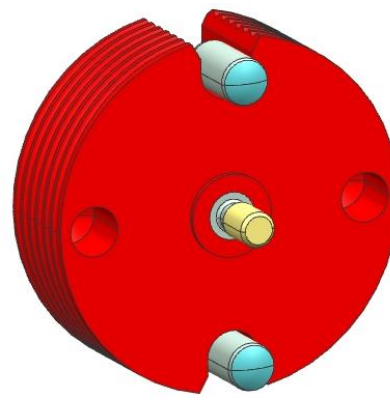


Obr.: 92 Závěsné oko E1270

Převoz formy mezi výrobní linkou, servisní dílnou a skladem je u zadavatele úkolu řešen pomocí vysokozdvizného vozíku či mostových jeřábů. Aby při převozu vstřikovací formy nedocházelo k jejímu otevření a tím pádem i k možnému poškození, je forma vybavena dvěma zámkami MEUSBURGER E1936, viz Obr.: 93 a Obr.: 94. Tyto zámkové udrží obě poloviny formy pevně semknuté. Po ustavení do stroje se zámek na formě ručně povytáhne a pootočí, čímž dojde k jeho uvolnění a vstřikovací forma se může volně otvírat a uzavírat.



Obr.: 93 Zámek E1936



Obr.: 94 Zámek E1936 - druhá strana

Během provozu formy dochází k různým větším či menším poškozením, proto musí být forma dobře rozebíratelná. K usnadnění rozebírání vstřikovací formy jsou desky vždy ve dvou

protilehlých rozích odfrézovány, tím vzniká mezi jednotlivými deskami drážka, která slouží k zapření páčidla. Pro snadnější identifikaci a skládání jednotlivých desek jsou desky číslovány. Dále je na všech deskách vytvořeno zkosení, které určuje vzájemnou orientaci desek. Tato opatření usnadňují a urychlují montáž a demontáž vstřikovací formy.

31 Závěr

Diplomová práce se zabývala konstrukcí vstřikovacího nástroje pro výrobu výstřiku tvořícího hlavní část nádržového čerpadlového modulu. Tento modul je ponořen v pohonných hmotách, proto bylo pro vstřikování vybrán materiál polyoxymethylen, konkrétně Ultraform od společnosti BASF, který se vyznačuje vysokou chemickou odolností.

Na výstřiku byla identifikována problematická místa z hlediska zaformování, ať již z hlediska vyrobitelnosti funkčních tvarových částí či usnadnění budoucího servisování formy. Byla navržena jedna hlavní a další vedlejší dělicí roviny, které slouží k zaformování podkosů a drobných složitých tvarových ploch. Na jejich základě byl vytvořen tvárník a tvárnice.

Poté byl dle předpokládaných rozměrů formy, vypočtené uzavírací síly a potřebného zdvihového objemu vybrán vstřikovací stroj ENGEL ES 750 s magnetickými upínacími deskami.

Vstřikovací forma je založena na deskách, které jsou v nabídce společnosti MEUSBURGER, která dodává veškeré komponenty pro hrubé sestavení rámu formy. Forma se vyznačuje dvěma posuvnými bočními šupáky, které slouží k zaformování podkosů a zajišťují tak bezproblémové vyjmutí výstřiku z dutiny formy. Vyhazování je provedeno pomocí stírací desky z důvodu tenkostěnnosti výstřiku a nedostatku prostoru pro vyhazovače. Vtokový systém je řešen pomocí vyhřívané trysky od společnosti HASCO.

Na základě provedených teplotních a modflow analýz byl navržen temperační systém využívající vrtané kanály. U tohoto systému temperování bylo dosaženo času cyklu 85 s s cenou tvárníku 338 460 Kč.

Vrtaný temperační systém byl dále doplněn o sintrované kanály kopírující nerovnosti tvarových ploch tvárníku. Použití tohoto systému dovolilo snížit vstřikovací cyklus na 75 s.

Sintrovaný temperační systém byl dále optimalizován a bylo dosaženo času cyklu 70 s. U této varianty bylo oproti variantě pouze s vrtanými kanály uspořeno 15 s na času cyklu, avšak vlivem využití sintrovaných dílů došlo k navýšení ceny na 388 040 Kč.

Ekonomickým hodnocením bylo dále zjištěno, že varianta se sintrovanými temperačními kanály začne být výhodnější od vyrobení 25 051 ks výstřiků. Jelikož je obvyklá životnost nástroje u zadavatele úkolu počítána na 1 milion výstřiků, přinese toto opatření značné úspory ve výrobních nákladech.

Výroba součástí vstřikovacích forem pomocí sintrování tedy skrývá velký potenciál. A i přes svou vyšší pořizovací cenu, dojde díky snížení času vstřikovacího cyklu a tím i variabilních nákladů k brzkému návratu vložené investice.

32 Literatura

- [1] **Hendrych, J., Weber, A., Doležel J.** *Standardizace rámu a součástí forem pro vstřikování termoplastů*. Praha : SNTL-nakladatelství technické literatury, n.p., 1986.
- [2] Konformní chlazení. *Innomia*. [Online] Innomia a.s., 2009. [Citace: 24. 11. 2013.] <http://www.konformni-chlazení.cz/konformni-chlazení.html>.
- [3] **Lenfeld, P.** *Zpracování plastů*. [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/index.htm] Liberec : Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní, 2008.
- [4] **Bobčík, L. a kol.** *Formy pro zpracování plastů II. díl - Vstřikování termoplastů*. Brno : UNIPLAST, 1999.
- [5] Image Library. *Solidworks*. [Online] Solidworks Corp., 2014. [Citace: 9. 1. 2014.] http://files.solidworks.com/InternalMarketing/PressRoom/MTD/JK_Mold.jpg.
- [6] Automatic layout design of plastic injection mould cooling system. *Bubblews*. [Online] Bubblews L.L.C., 2014. [Citace: 6. 12. 2013.] <http://www.bubblews.com/news/438870-automatic-layout-design-of-plastic-injection-mould-cooling-system>.
- [7] Forma č.4. *Konstrukce forem*. [Online] Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. [Citace: 1. 1. 2014.] <http://javvi.webzdarma.cz/kf/f4/f4.htm>.
- [8] **Řehulka, Z.** *Konstrukce výlisků z plastů a forem pro zpracování plastů*. Praha : SEKURKON s.r.o., 2008. ISBN 978-80-86604-36-7.
- [9] **Bobčík, L. a kolektiv.** *Formy pro zpracování plastů 1.díl - Vstřikování termoplastů*. Brno : Uniplast Brno, 1999.
- [10] PLASTIC INJECTION MOULDING MACHINE. *Rutland Plastics*. [Online] [Citace: 25. 11. 2013.] <http://www.rutlandplastics.co.uk/images/moulding%20machine%20lg.jpg>.
- [11] *PlasticPortal.eu*. [Online] PlasticPortal.eu, 2013. [Citace: 10. 1. 2014.] <http://www.plasticportal.sk/sk/napriek-krize-dobre-vyhliadky-predaja-vstrekolisov/c/379>.
- [12] **Santos, E., Shiomí, M., Osakada, K., Laoui, T.** Rapid manufacturing of metal components by laser forming. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 19. září 2005, stránky 1459-1568.
- [13] **Simchi, A., Petzoldt, F., Pohl, H.** On the development of direct metal laser sintering for rapid tooling. *Journal of Materials Processing Technology*. 19. červen 2003, stránky 319-328.
- [14] Konformní chlazení. *Innomia*. [Online] Innomia a.s., 2012. [Citace: 24. 11. 2013.] <http://www.innomia.cz/sluzby/konformni-chlazení>.
- [15] Resinex. *POM - Polyoxymetylén*. [Online] Resinex Group. [Citace: 1. 1. 2014.] <http://www.resinex.cz/polymerove-typy/pom.html>.

- [16] Resinex. *POM Hostaform*. [Online] Resinex Group. [Citace: 1. 1. 2014.]
<http://www.resinex.cz/produkty/hostaform.html>.
- [17] **Zeman, L.** *Vstřikování plastů*. Praha : BEN-technická literatura, 2009. ISBN 978-80-7300-250-3.
- [18] Ultraform® S 2320 003 PRO. *BASF*. [Online] BASF. [Citace: 30. 11. 2013.]
<http://iwww.plasticsportal.com/products/datasheet.html?type=iso¶m=Ultraform+S+2320+003+PRO>.
- [19] Z34 Techni Shot. *HASCO*. [Online] HASCO Hasenclever GmbH + Co KG, 2004. [Citace: 12. 2. 2014.]
<http://www.hasco.com/gb/content/view/full/19946/%28docstart%29/291>.
- [20] PSM Slide retainers. *DME*. [Online] DME. [Citace: 10. 2. 2014.]
<http://www.dmeeu.com/en/catalogue/d/index/molds-components/pre-engineered-components/slide-retainers/psm-slide-retainers-1>.
- [21] Position switches SN01. *EUCHNER*. [Online] Euchner Electric s.r.o., 2010. [Citace: 14. 2. 2014.] http://www.euchner.cz/data/pdf/produkty/automatizace/koncove-spinace/kat_Euchner_N01,NB01,SN01.pdf.
- [22] Temperature sensor type 341 and 342. *CZAKI THERMO-PRODUCT*. [Online] CZAKI THERMO-PRODUCT, 2000. [Citace: 8. 2. 2014.] http://www.czaki.pl/czaki2/plik/type-341-342-temperature-sensors-for-feeds-cylinders-extruding-presses_nn2890.pdf.
- [23] Cavity Pressure Sensor, Direct Measuring. *KISTLER*. [Online] Kistler Holding AG, 2013. [Citace: 5. 1. 2014.] <http://www.kistler.com/ch/en/product/pressure/6157BA0,2>.
- [24] Ceník granulátů. *ASORT spol. s r.o.* [Online] ASORT spol. s r.o. [Citace: 1. 3. 2014.]
<http://asort.sweb.cz/data/cengr.htm>.
- [25] <http://www.kdcapital.com/Machines.cfm/ID/4009>. *KD Capital Equipment*. [Online] KD Capital Equipment. [Citace: 14. 5. 2014.] <http://www.kdcapital.com/Machines.cfm/ID/4009>.
- [26] Rectangular Connectors. *WALTHER*. [Online] Walther Electric, Inc., 2013. [Citace: 8. 2. 2014.] <http://www.waltherelectric.com/RectangularConnectors.html>.
- [27] Kontakteinsätze heavy|mate® - C146 E. *AMPHENOL*. [Online] Amphenol-Tuchel Electronics GmbH. [Citace: 12. 2. 2014.]
http://www.amphenol.de/downloads/11_heavymate_deutsch_2013_11_22.pdf.

33 Seznam obrázků

Obr.: 1 Vstřikovací cyklus[3].....	2
Obr.: 2 Sestava vstřikovací formy[5]	3
Obr.: 3 Vyhřívání vtok[3].....	4
Obr.: 4 Studený vtok[3].....	4
Obr.: 5 Příklad temperačního systému[6]	4
Obr.: 6 Příklad vyhazovacího systému[7]	5
Obr.: 7 Diesel efekt[3].....	5
Obr.: 8 Vstřikovací stroj[10]	6
Obr.: 9 Vstřikovací jednotka[3]	6
Obr.: 10 Uzavírací jednotka[11].....	7
Obr.: 11 Proces DMLS[12]	8
Obr.: 12 Vrtané chladicí kanály[14].....	9
Obr.: 13 Konformní chlazení[14]	9
Obr.: 14 Prostorové vedení chladících kanálů ve vložce formy[14].....	9
Obr.: 15 Hrnc z vnější strany.....	10
Obr.: 16 Hrnc z vnitřní strany.....	10
Obr.: 17 Chemický vzorec POM[15]	11
Obr.: 18 Dělicí rovina – hlavní dělicí rovina černě, pomocné dělicí roviny červeně	12
Obr.: 19 Tvárník.....	13
Obr.: 20 Tvárník druhá strana	13
Obr.: 21 Tvárnice	14
Obr.: 22 Tvárnice další pohled.....	14
Obr.: 23 Otvor-plocha na plochu.....	14
Obr.: 24 Otvor-trn a díra	14
Obr.: 25 Velké boční jádro	15
Obr.: 26 Malé boční jádro	15
Obr.: 27 Návrh rozměru desek	16
Obr.: 28 Sestava formy.....	21
Obr.: 29 Ploché vedení E1308.....	22
Obr.: 30 Středící kroužek pohyblivá část formy	22
Obr.: 31 Středící kroužek pevná část formy.....	22
Obr.: 32 Pevná část formy.....	23
Obr.: 33 Pevná část formy - druhá strana	23
Obr.: 34 Upínací deska pevné části	23
Obr.: 35 Upínací deska - druhá strana.....	23
Obr.: 36 Deska tvárnice 1	24
Obr.: 37 Deska tvárnice 1- druhá strana.....	24
Obr.: 38 Deska tvárnice 2.....	24
Obr.: 39 Deska tvárnice 2 - druhá strana.....	24
Obr.: 40 Vyhřívání tryska Z34201/50x100	25
Obr.: 41 Malý šupák.....	26
Obr.: 42 Velký šupák	26
Obr.: 43 Vodící jednotka E31300	28
Obr.: 44 Uzavírací klín E3024	28
Obr.: 45 Svorka DME[20].....	28
Obr.: 46 Pohyblivá část formy	29
Obr.: 47 Pohyblivá část formy - druhá strana	29
Obr.: 48 Deska tvárníku 1	30

Obr.: 49 Deska tvárníku 1 - druhá strana	30
Obr.: 50 Deska tvárníku 2	30
Obr.: 51 Deska tvárníku 2 - druhá strana	30
Obr.: 52 Rozpěrka	31
Obr.: 53 Upínací deska pohyblivé části	31
Obr.: 54 Upínací deska pohyblivé části - druhá strana	31
Obr.: 55 Vyhazovací systém	32
Obr.: 56 Vodící kolík vyhazování	33
Obr.: 57 Vodící pouzdro vyhazování	33
Obr.: 58 Spojka vyhazovacího systému	33
Obr.: 59 Koncový spínač EUCHNER 087 162 N01D572-M[21]	34
Obr.: 60 Teplotní čidlo TP-341J-45-5-5[22]	35
Obr.: 61 Tlakové čidlo KISTLER typ 6157BAE[23]	35
Obr.: 62 Průběh plnění	37
Obr.: 63 Teplota dutiny při odformování	37
Obr.: 64 Začátek dotlaku – červeně zatuhlý plast	38
Obr.: 65 Konec dotlaku – červeně zatuhlý plast	38
Obr.: 66 Místa uzavírání vzduchu	40
Obr.: 67 Odvzdušnění v hlavní dělicí rovině	41
Obr.: 68 Odvzdušnění u jádra pro nátrubek	41
Obr.: 69 Průhyb desek pohyblivé části formy	42
Obr.: 70 Rozložení teplot na tvárníku v °C	44
Obr.: 71 Rozložení teplot tvárnice v °C	44
Obr.: 72 Vrtané temperování	46
Obr.: 73 Vrtané temperování tvárníku – teplota v °C	46
Obr.: 74 Výběr sintrovaného dílu	47
Obr.: 75 Tvárník	48
Obr.: 76 Tvárník - druhá strana	48
Obr.: 77 Jádro č. 6	49
Obr.: 78 Jádro č. 6 - detail	49
Obr.: 79 Jádro č. 7	49
Obr.: 80 Jádro č. 7 - detail	49
Obr.: 81 Jádro č. 1	49
Obr.: 82 Sintrované kanály jádra č. 6	50
Obr.: 83 Sintrované kanály jádra č. 6 - druhý pohled	50
Obr.: 84 Sintrované kanály jádra č. 7	50
Obr.: 85 Sintrované kanály jádra č. 7 - druhý pohled	50
Obr.: 86 Sintrovaný tvárník a jeho detaily	51
Obr.: 87 Vložka tvárníku se sintrovanými kanály	51
Obr.: 88 Chlazení - vrtané kanály - čas 53s	52
Obr.: 89 Chlazení - sintrované kanály – čas 53s	52
Obr.: 90 Optimalizované sintrované kanály	53
Obr.: 91 Chlazení - optimalizované sintrované kanály-čas 53s	53
Obr.: 92 Závěsné oko E1270	56
Obr.: 93 Zámek E1936	56
Obr.: 94 Zámek E1936 - druhá strana	56

34 Seznam tabulek

Tabulka 1 Sestava desek formy	16
Tabulka 2 Poměrové hodnoty plastů	17
Tabulka 3 Faktory tekutosti pro plasty	18
Tabulka 4 Vnitřní tlaky v dutině formy	19
Tabulka 5 Žádané parametry stroje	20
Tabulka 6 Parametry vstřikovacího lisu Engel ES750/175HL	20
Tabulka 7 Rám formy	21
Tabulka 8 Vlastnosti vyhřívané trysky Z34201/50x100[19]	25
Tabulka 9 Nastavení simulace Cadmould	36
Tabulka 10 Výsledky simulace Cadmould.....	36
Tabulka 11 Hloubky odvzdušňovacích mezer v závislosti na vstřikovaném materiálu[4].....	39
Tabulka 12 Nastavení simulace AeroFlow	43
Tabulka 13 Časy cyklu jednotlivých variant.....	53
Tabulka 14 Cena formy.....	54
Tabulka 15 Variabilní náklady	55

35 Použitý software

- [1] Cadmould
- [2] AeroFlow
- [3] Unigraphics NX 8.5
- [4] Microsoft Office 2007

36 Seznam příloh

Vevázané

- Příloha č. 1 – Vyhřívaná tryska Z34201/50x100
- Příloha č. 2 – Elektrické konektory
- Příloha č. 3 – Vložky konektorů
- Příloha č. 4 – Teplotní čidlo
- Příloha č. 5 - Tlakové čidlo
- Příloha č. 6 - Koncový spínač

Vložené

- Příloha č. 7 – Výkres - Sestava vstřikovací formy
- Příloha č. 8 – Výkres - Deska tvárníku 2
- Příloha č. 9 - Výkres – Šupák velký 2

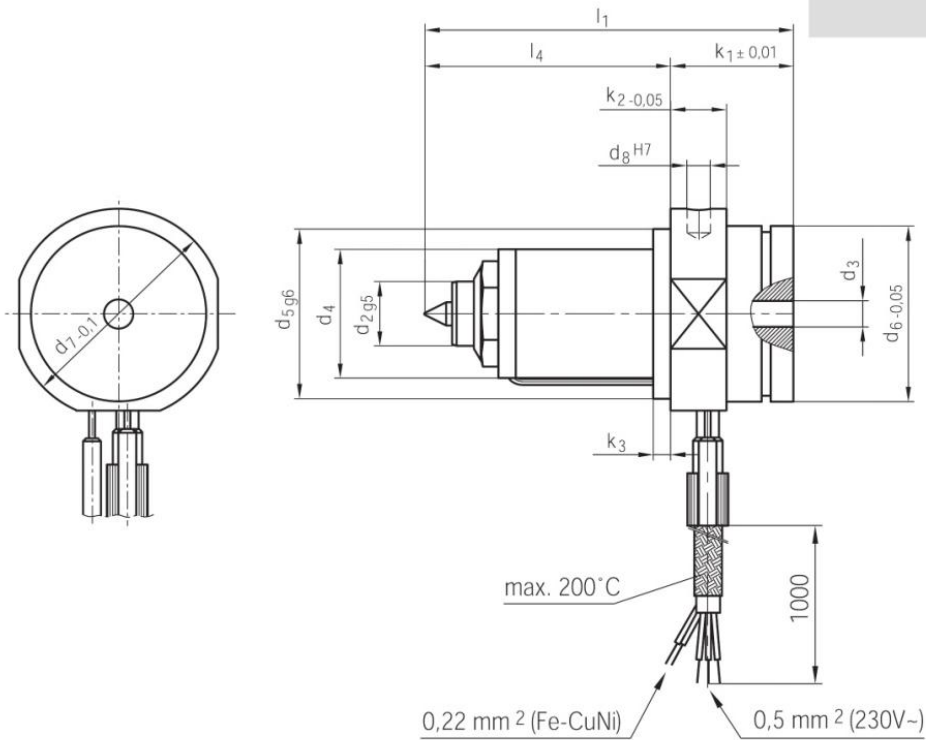
PŘÍLOHA č. 1

Vyhřívaná tryska Z34201/50x100[19]

Z 34201 / . . .

Dysza centralna z torpedą
Single nozzle with torpedo tip
Центральный инжектор
с наконечником типа «торпедо»

230V~
+
- = Fe-CuNi



Watt	d ₈	d ₇	d ₅	d ₄	d ₃	d ₂	k ₃	k ₂	k ₁	l ₄	d ₆	Typ	l ₁	Nr/No.	EDV-Nr.
250	3	29,5	23	18	4,5	10	2	9,5	18	38	24	25	56	Z 34201 / 25 x 56	2001432
315										53			71	71	2001433
400										82			100	100	2001434
315	4	36	29	22	4,5	11	3	9,5	21	42	30	32	63	Z 34201 / 32 x 63	2001435
400										59			80	80	2001436
										79			100	100	2001437
		4	45	38	28	6	14	3	9,5	59	37	40	80	Z 34201 / 40 x 80	2001438
500										79			100	100	2001439
630										119			140	140	2001440
		5	55	46	35	8	18	4	12	73	47	50	100	Z 34201 / 50 x 100	2001441
										113			140	140	2001442
										173			200	200	2001443
800										223			250	250	2001444

Instrukcja zabudowy

Wyłączając obszary „A” oraz „B”, dysza nie może stykać się z formą. Przestrzeń „C” wypełnia się tworzywem, które działa jak izolator. Kiedy używane są bloki rozdzielacza gorącokanałowego Z 106 / . . . i Z 10600 / . . . należy dopasować wysokość dyszy na wymiarze k_1 . Należy wziąć pod uwagę rozszerzalność cieplną.

Dla celów funkcjonalnych wymiar L_4 musi być zachowany. Średnica przewężki jest zależna od rodzaju tworzywa, masy wtrysku, stosunku drogi płynięcia do grubości ścianek i prędkości wtrysku.

Mounting instructions

Apart from areas “A” and “B”, the nozzle should not come into contact with the mould. The well “C” fills with plastic which acts as insulation. When using with hot runner manifold blocks Z 106 / . . . and Z 10600 / . . ., adjust the height of the nozzle in area “ k_1 ”. The thermal expansion is to be considered.

Measurement “ L_4 ” must be observed for functional purposes. The diameter of the shut-off gate depends on the plastics material, the shot weight, the flow path wall thickness ratio and the injection speed.

Инструкция по установке

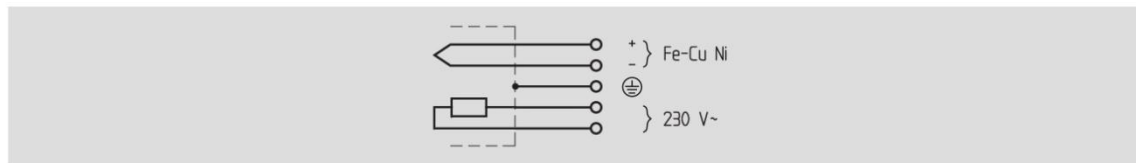
Как показано на видах А и В, инжектор не должен контактировать с прессформой. Полость С заполняется пластмассой, которая служит как изолятор. Когда используются горячеканальные коллекторные блоки Z 106 / . . . и Z 10600 / . . . регулировка высоты инжектора осуществляется по размеру k_1 . При этом надо учесть температурное расширение.

Размер L_4 должен быть выдержан для нормального функционирования. Диаметр запираемого клапана зависит от рода применяемой пластмассы, объема и скорости впрыска, пути протекания и толщины стенок.

Podłączenie elektryczne

Electrical connection

Подключение к электросети



Czerwone przewody A i niebieskie przewody B są podłączane do zacisków (Fe-CuNi) termopary.

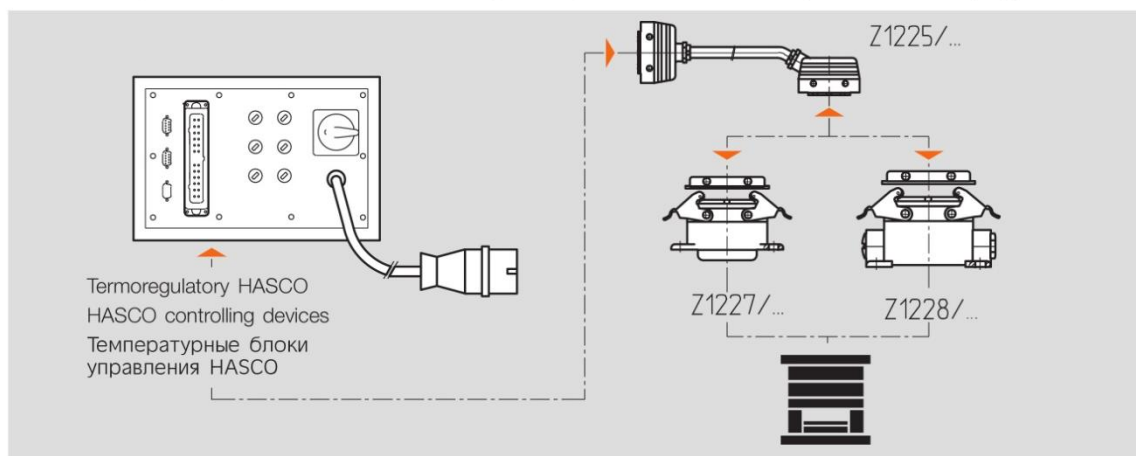
The red A and blue B cables are to be wired the thermocouple (Fe-CuNi) terminals.

Красный А и синий В кабели подсоединяются к концам термопары (Fe-CuNi).

Kontrola temperatury

Controlling of temperature

Управление температурой



Konieczne jest sterowanie pracą dysz. Zalecamy do tego celu termoregulatory firmy HASCO.

It is essential to control the universal nozzles. We recommend to use HASCO-temperature controller.

Необходимо управлять температурой инжектора. Для этой цели рекомендуется температурные блоки управления HASCO.

Podłączenia elektryczne na formie dokonuje się poprzez gniazda połączeniowe Z 1227 / . . . lub Z 1228 / . . .

The electrical interface on the mould is formed by the connection housings Z 1227 / . . . or Z 1228 / . . .

Электрический интерфейс на форме формируется разъемами Z 1227 / . . . или Z 1228 / . . .

Połączenie jest ustawiane za pomocą przewodu Z 1225 / . . . Okablowania najlepiej dokonywać z zastosowaniem Z 131 / . . .

Linkage is established by cable Z 1225 / . . . Prewiring is done preferably via the wiring box Z 131 / . . .


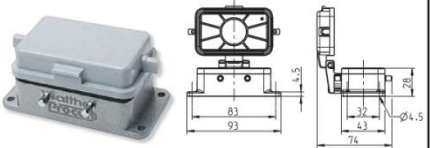
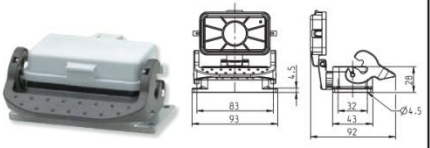
Связь между блоком управления и формой устанавливается посредством питающего/сигнального кабеля Z 1225 / . . . Для предварительного соединения проводов рекомендуется использование устройства Z 131 / . . .

PŘÍLOHA č. 2

Elektrické konektory

Konektor 714 210 pro napájení vtoku a 714 410 pro měření teploty[26]



Description	Part no. Discontinued model	Part no. New design	M	Housings for series B 10, BB 18, DD 42, MOB 10	 old / new
Panel housing, height 28 mm for double locking system, with hinged lid					
Panel cut out 65 x 35 mm	*714 210	-/-			10 105/-
Panel housing, height 28 mm with single locking system, with hinged lid					
Panel cut out 65 x 35 mm	*714 410	-/-			10 152/-

12


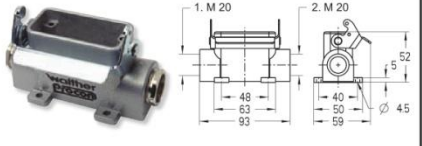
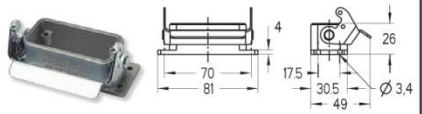
* Other cover version required? Simply add the corresponding letters at the end of the part number:

SK = self-closing, plastic **AL** = Aluminium **SA** = self-closing, aluminium (For wall mount and panel housings)

115

Konektor 704 310 pro koncový spínač[26]



Description	Previous part number	New part number	M	Housings for series A 10 and D 15	 old / new
Housings: single locking system					
Wall mount housing, height 52 mm with single locking system					
with collar with cable gland	701 410 OV 701 410	T 701 410 MS T 701 410 MV	1 x M 20		10 197 210
with collar with cable gland	701 510 OV 701 510	T 701 510 MS T 701 510 MV	2 x M 20		195 222
Panel housing, height 26 mm with single locking system					
Panel cut out 57.5 x 24 mm	704 310				10 76

8

PŘÍLOHA č. 3

Vložky konektorů

Vložka AMPHENOL C14610B0108101 pro měření teploty [27]

E/FE/KO

Bezeichnung - Abbildung <i>Description - Figure</i>	Maßzeichnung <i>Drawing</i>	<i>Bestell Nr. / Part No.</i>	
		Stifteinsatz / Male insert	Buchseinsatz / Female insert
Kontakteinsatz 10 + \oplus ¹⁾ <i>Contact insert 10 + \oplus¹⁾</i> 	Stifteinsatz <i>Male insert</i> Buchseinsatz <i>Female insert</i> 	C146 10A010 810 1	C146 10B010 810 1
<i>Steckbild / pin layout</i>			
Stifteinsatz <i>Male insert</i> 6 +	Buchseinsatz <i>Female insert</i> 6 +	Stifteinsatz <i>Male insert</i> 10 +	Buchseinsatz <i>Female insert</i> 10 +
Stifteinsatz <i>Male insert</i> 16 +	Buchseinsatz <i>Female insert</i> 16 +	Stifteinsatz <i>Male insert</i> 24 +	Buchseinsatz <i>Female insert</i> 24 +

¹⁾ mit Drahtschutz / *with wire protection*

Vložky WALTHER 710 210 pro napájení vtoku a 700 210 pro koncový spínač[26]

Description	Part no.	Terminal cross section	Series B 10 P + \oplus 16 A / 500 V UL/CSA: 600 V	 9
Screw terminal inserts				
Female inserts Screw terminals				
with wire protection	710 110	0.5-2.5 mm ² (20-14 AWG)	 	10 69 65
without wire protection	710 770	0.5-4 mm ² (20-12 AWG)		
Male inserts Screw terminals				
with wire protection	710 210	0.5-2.5 mm ² (20-14 AWG)	 	10 65 60
without wire protection	710 774	0.5-4 mm ² (20-12 AWG)		

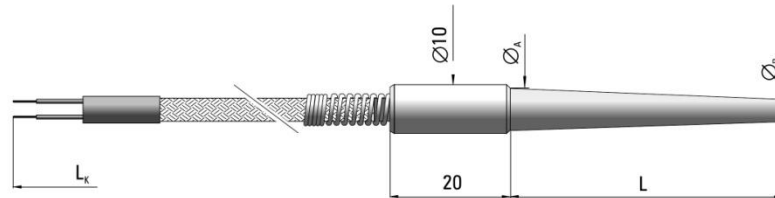
Description	Part no.	Terminal cross section	Series A 10 P + \oplus 16 A / 250 V UL/CSA: 600 V	 9
Screw terminal inserts				
Female insert Screw terminal				
with wire protection 0.5-2.5 mm ² (20-14 AWG)	700 110	0.5-2.5 mm ² (20-14 AWG)	 	10 46
without wire protection	700 770	0.5-4 mm ² (20-12 AWG)		
Male insert Screw terminal				
with wire protection 0.5-2.5 mm ² (20-14 AWG)	700 210	0.5-2.5 mm ² (20-14 AWG)	 	10 47
without wire protection	700 774	0.5-4 mm ² (20-12 AWG)		

PŘÍLOHA č. 4

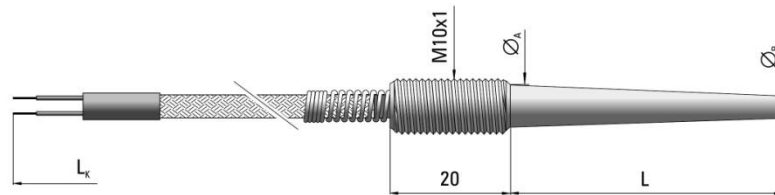
Teplotní čidlo TP-341J-45-5-5 [22]

TEMPERATURE SENSOR

type 341



type 342



SPECIFICATION

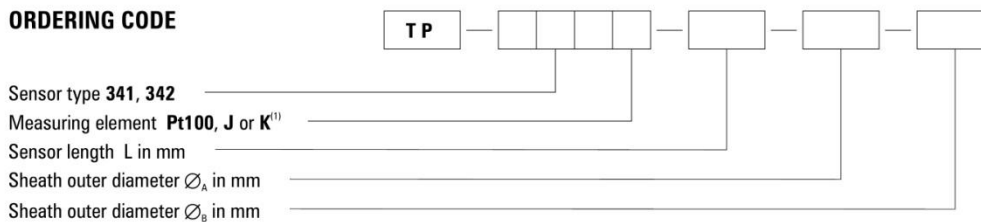
Application	temperature measurement of feed cylinders extruding presses and injection moulds	
Temperature range	0°C... +400°C	
Measuring element	platinum resistor	(Pt100)⁽¹⁾
	thermocouple Fe-CuNi	(J)
	thermocouple NiCr-NiAl	(K)
Class of processing element	2 (B) ⁽²⁾	
Measuring junction	insulated ⁽²⁾	
Length of cable L _k	1,5 m ⁽²⁾	
Cable insulation	fibre glass and steel braid ⁽³⁾	

⁽¹⁾ Pt500, Pt1000, Ni100, Ni1000 on demand

⁽²⁾ Other parameters according to customer's requirements

⁽³⁾ Other insulation of the cable: PVC, silicon, teflon, stainless steel armoured sheath

ORDERING CODE



Example for order: TP-342J-30-8-6 thermocouple sensor Fe-CuNi (J) of length L = 30 mm with cable of length L_k = 1,5 m, fitting with thread M10x1 and sheath outer diameter Ø_A = 8 mm, Ø_B = 6 mm.

PŘÍLOHA č. 5

Tlakové čidlo KISTLER 6157BAE[23]

Pressure

Mold Cavity Pressure Sensor

Unisens® with Front $\varnothing 4$ mm

Type 6157B...

Patent No. US 6,212,963

Quartz sensor for cavity pressures up to 2 000 bar for injection molding of plastics.

- ideally suited for industrial applications
- sensor front can be machined to adapt to the cavity wall (except for coated versions of the sensor)
- exchangeable cable

Description

The Unisens quartz sensor for mold cavity pressure Type 6157BE... has a front diameter of 4 mm. An O-ring seals the annular gap of $<10 \mu\text{m}$ between sensor and mounting bore and thereby also center aligns the sensor in the bore.

The pressure acts over the entire front of the sensor and is transmitted to the quartz measuring element, which produces a proportional electric charge ($\text{pC} = \text{Picocolomb}$). This is converted into a voltage $0 \dots 10 \text{ V}$ in the amplifier and is then available as an amplifier output.

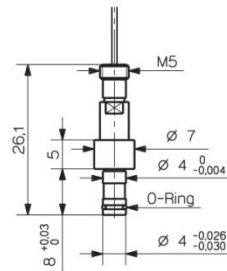
All parts of the sensor are corrosion-resistant. The exchangeable cable is screwed to the sensor with a tight seal. The connector is self-locking and splash-proof.

For multi cavity applications the sensor Types 6157BA... and 6157BC... are used without the single-wire connector Typ 1839. The Multi Cavity Set Type 6829A... and the Multi Sensor System Type 6831B... are described in the appropriate data sheets.

This sensor is available with several Types of connecting cables (see page 2).

Application

This diaphragm-free sensor measures mold cavity pressures up to 2 000 bar during injection molding. It is particularly suitable for optimizing, monitoring and controlling the injection molding process of thermoplastics, elastomers, thermosets and SMC.



For abrasive melts (e.g. filled with glass fibers or carbon fibers, thermosets, BMC/SMC), these sensors are available as Types 6157BCE ($0 \dots 200 \text{ }^\circ\text{C}$)/BD... ($0 \dots 300 \text{ }^\circ\text{C}$) with a hardcoated front.

Technical Data

Range	bar	$0 \dots 2\,000$
Overload	bar	2 500
Sensitivity	pC/bar	-9,4
Linearity, all ranges	% FSO	$\leq \pm 1$
Operating temperature range		
Mold (sensor, cable)		
Type 6157BA.../BC...	$^\circ\text{C}$	200
Type 6157BB.../BD...	$^\circ\text{C}$	300
Melt (at the front of the sensor)	$^\circ\text{C}$	< 450
Connector	$^\circ\text{C}$	$0 \dots 200^*$
Insulation resistance		
at $20 \text{ }^\circ\text{C}$	Ω	$> 10^{13}$
at $200 \text{ }^\circ\text{C}$	Ω	$> 10^{12}$
at $300 \text{ }^\circ\text{C}$	Ω	$> 10^{10}$

* During machine down time the mold temperature may rise up to $240 \text{ }^\circ\text{C}$, without causing any damage to the sensor. Note that measuring errors may temporarily result.

6157B_000-030e-09.12

**QUALITY
MOLDING**
powered by Kistler

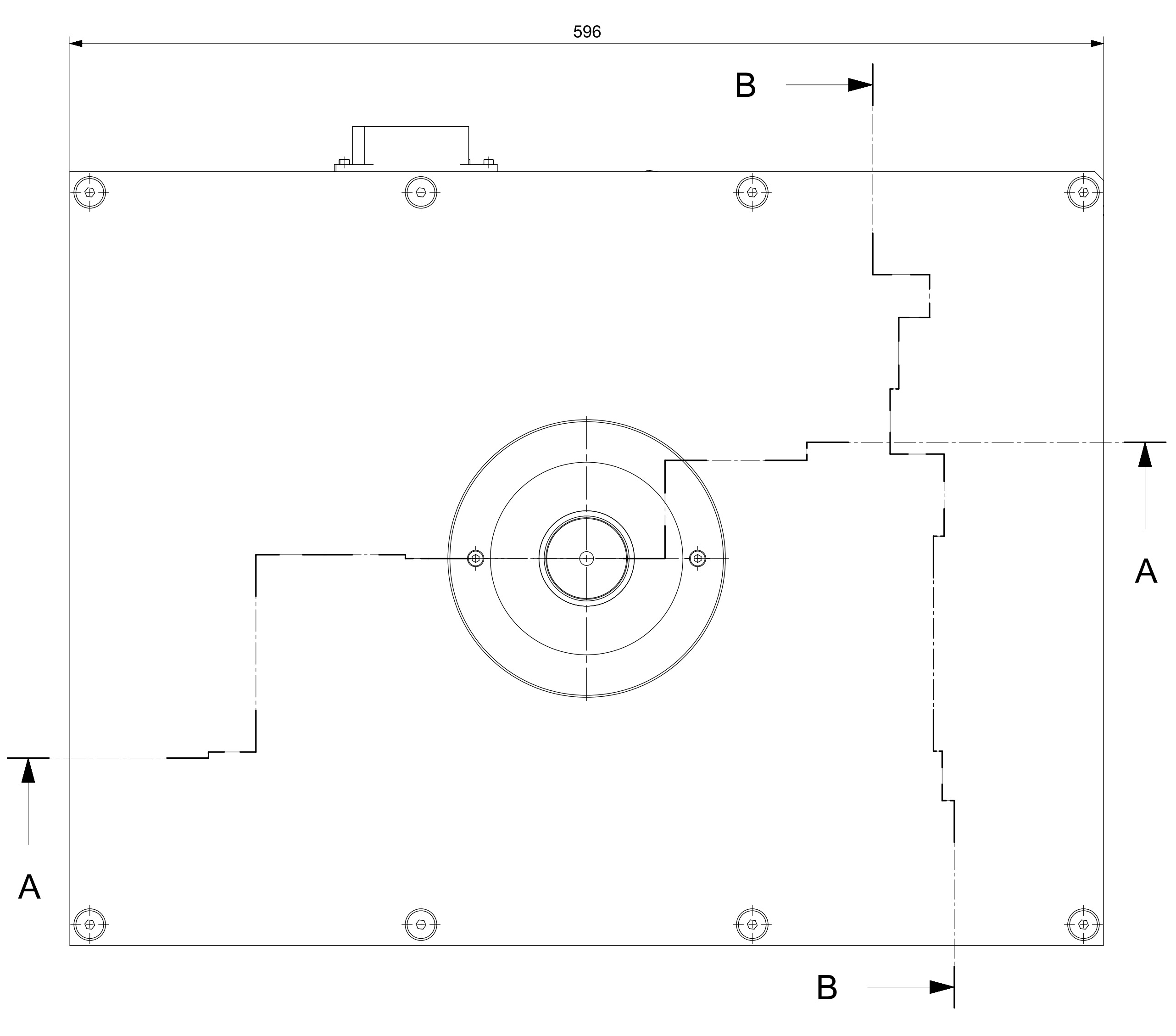
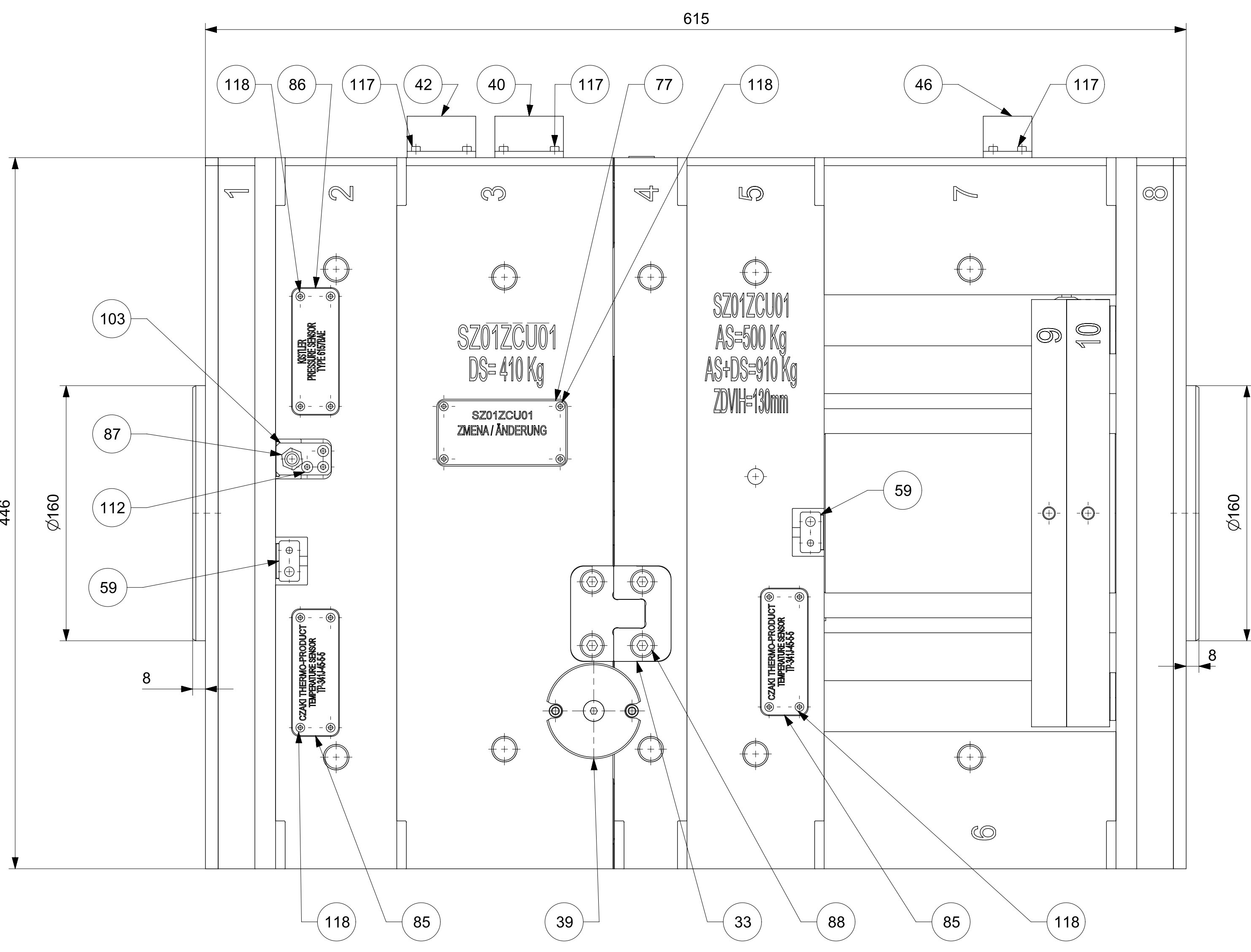
Page 1/6

This information corresponds to the current state of knowledge. Kistler reserves the right to make technical changes. Liability for consequential damage resulting from the use of Kistler products is excluded.

©1994 ... 2012, Kistler Group, Eulachstrasse 22, 8408 Winterthur, Switzerland
Tel. +41 52 224 11 11, Fax +41 52 224 14 14, info@kistler.com, www.kistler.com
Kistler is a registered trademark of Kistler Holding AG.

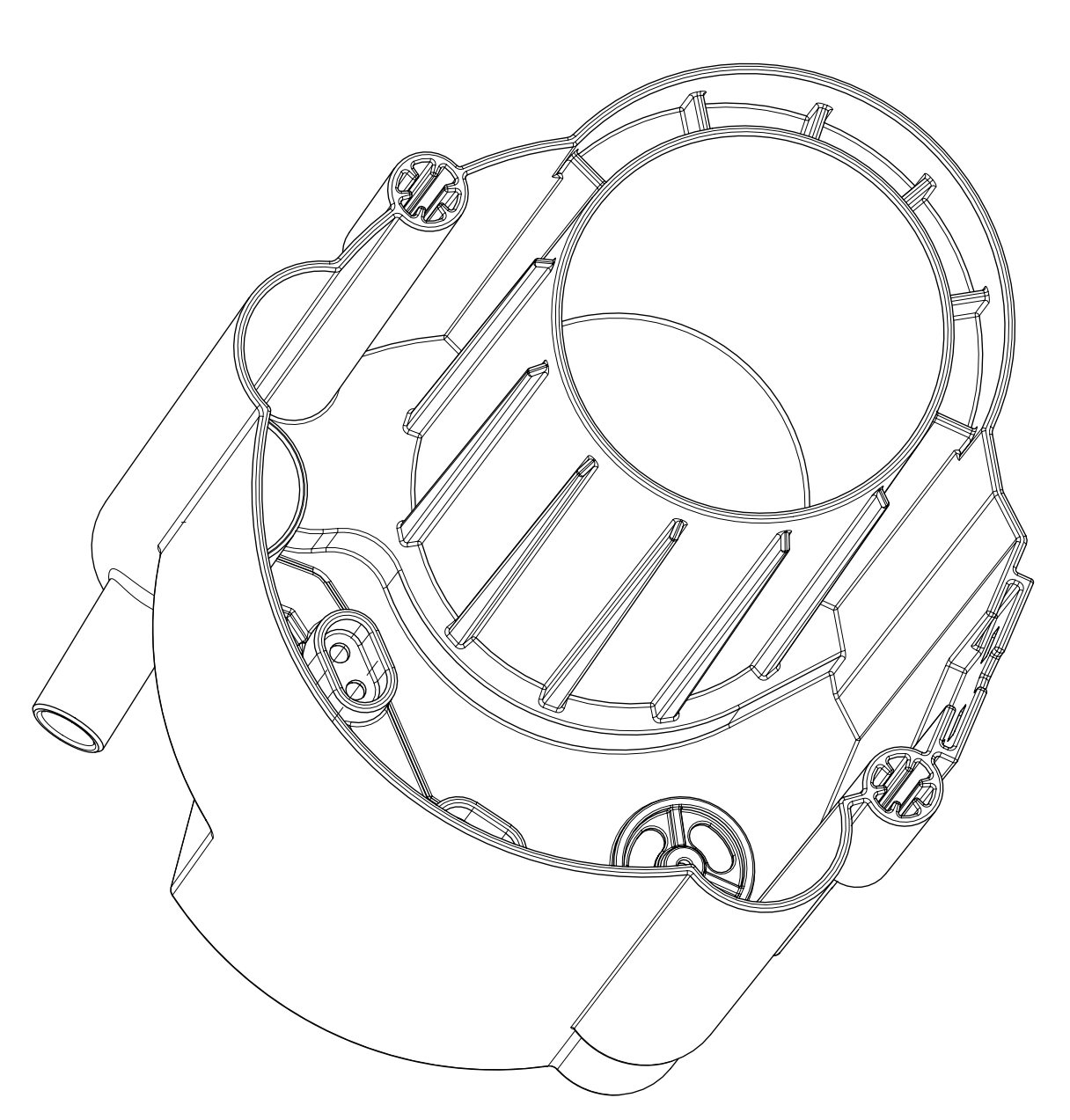
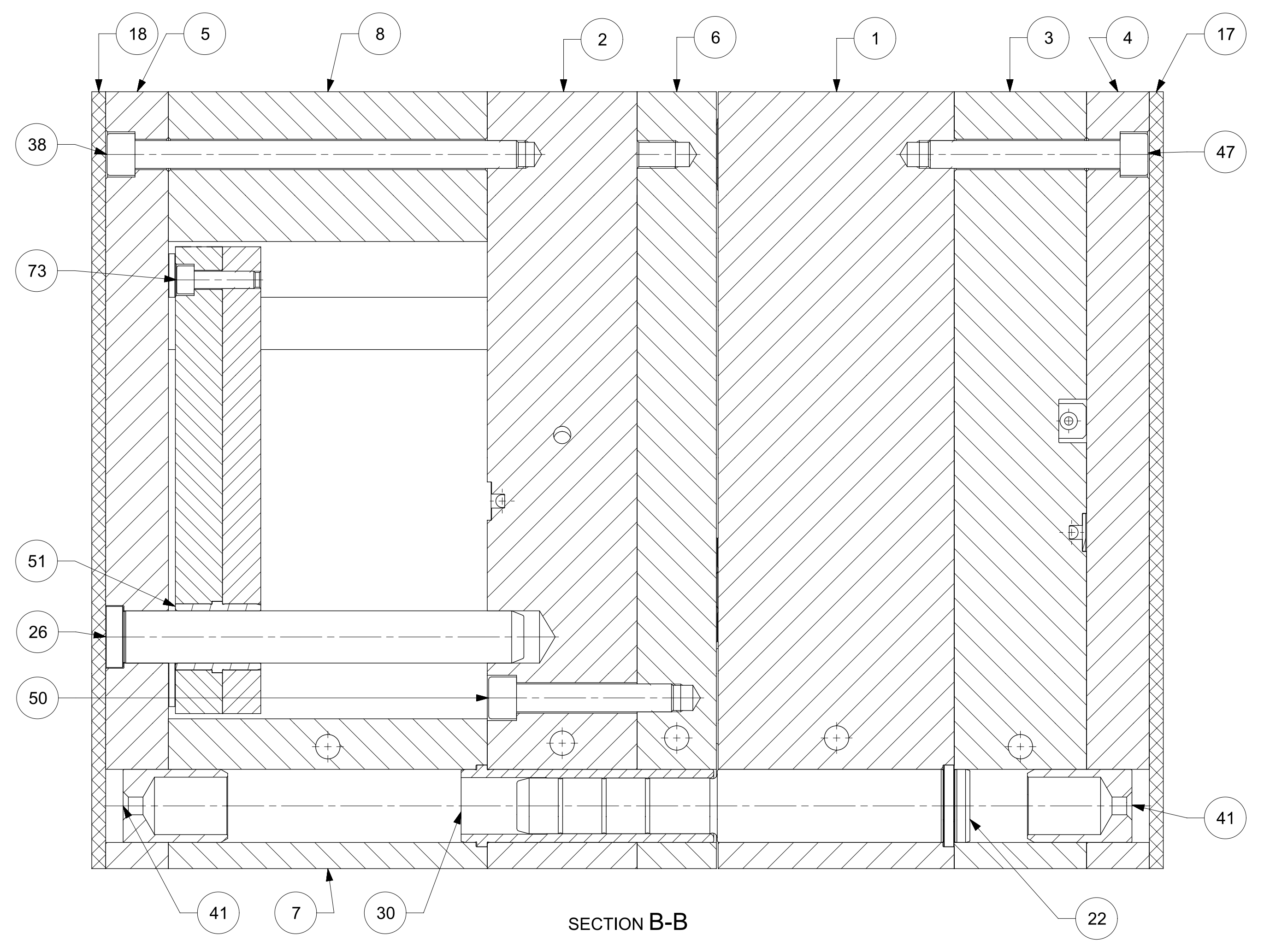
PŘÍLOHA č. 6

Koncový spínač EUCHNER 087 162 N01D572-M [21]

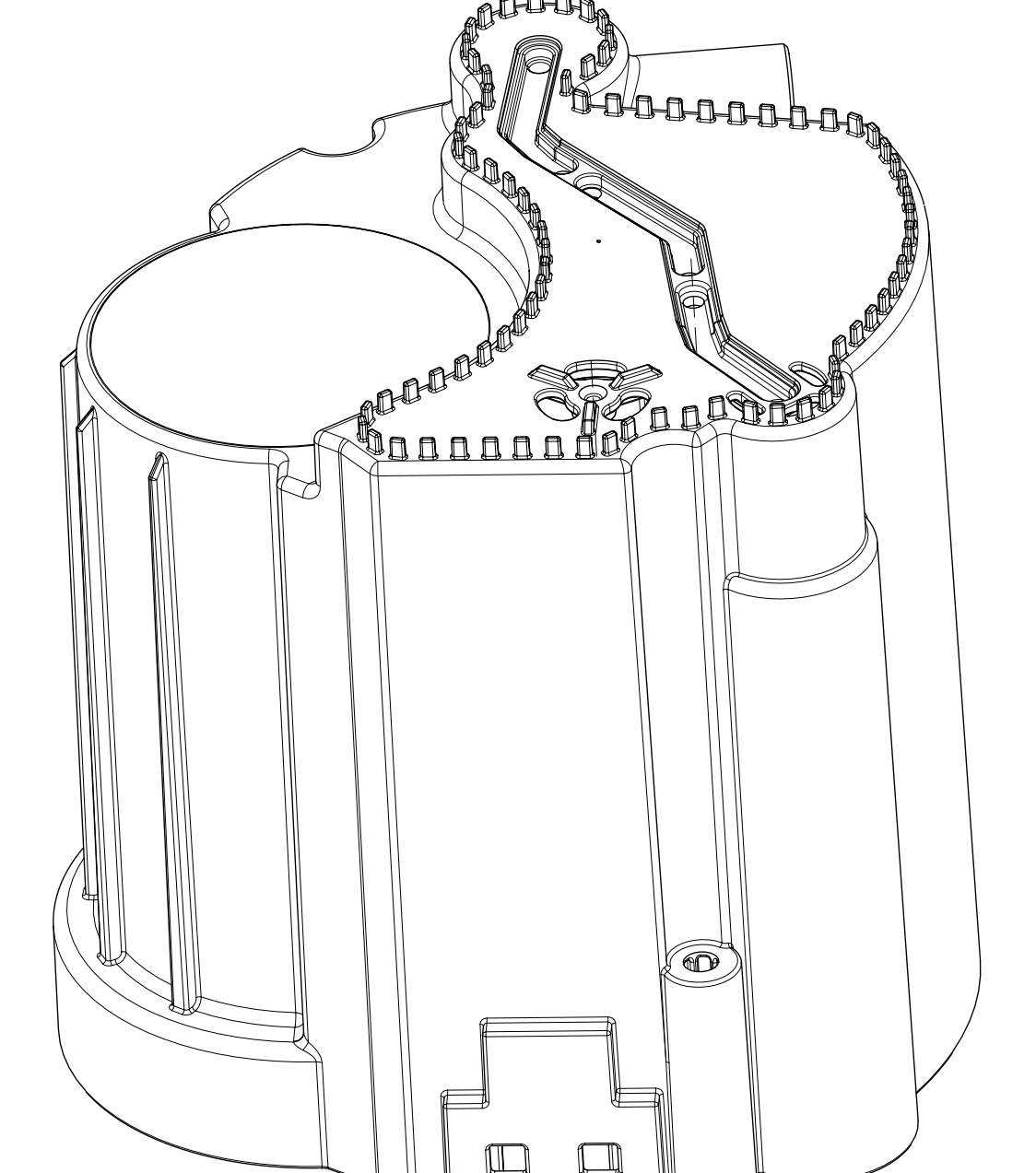


PRO PREVOZ POUZIT SROUBY S OKY MEUSBURGER E1270/M16
 SROUBENI (POZ. 80) A PREPAZKY (POZ. 71 A 72) TESNIT TEFLONOVOU PASKOU
 PREPAZKY (POZ. 71 A 72) NATOCIT DLE ZNACKY NA DESCE (POZ. 2) A ZAJISTIT POJISTKOU (POZ. 113)
 PRED UPNUTIM NA MAGNETICKE UPINACI DESKY SEJMOUT IZOLACNI DESKY

Pos.	Název - name	Titla - size	Material	Weight	Material	Weight	Part No.	Quantity
126	JADRO 13 - 0.63X54		CSN EN 10270-1	12.990	0.000	-	SZ01ZCU01P051	2
125	ZAPUSTNY SROUB - E1220/3X8		MEUSBURGER	---	0.001	---	---	1
124	ZAPUSTNY SROUB - E1220/3X10		MEUSBURGER	---	0.001	---	---	14
123	PRUZINA - TL 1X9X24X8.5		FEVOS	---	0.001	---	---	1
122	PODLOZKA KONEKTOR TEPLOTA - 6X5		CSN 425510	11.373	0.001	---	SZ01ZCU01P050	4
121	O-KROUZEK - E2130/46X2		MEUSBURGER	---	0.001	---	---	1
120	O-KROUZEK - E2130/14X2		MEUSBURGER	---	0.001	---	---	9
119	O-KROUZEK - E2130/12X2		MEUSBURGER	---	0.001	---	---	2
118	IMBUSOVY SROUB - E1200/3X8		MEUSBURGER	---	0.001	---	---	24
117	IMBUSOVY SROUB - E1200/3X12		MEUSBURGER	---	0.001	---	---	12
116	ZASLEPKA - E2072/12		MEUSBURGER	---	0.002	---	---	3
115	ZAPUSTNY SROUB - E1220/5X10		MEUSBURGER	---	0.002	---	---	5
114	SROUB ZAPUSTNY - E1220/3X25		MEUSBURGER	---	0.002	---	---	4
113	POJISTKA PREPAZKY - P1-10X30		CSN 42 5301	11.373	0.002	---	SZ01ZCU01P049	2
112	IMBUSOVY SROUB - E1200/4X8		MEUSBURGER	---	0.002	---	---	3
111	ZASLEPKA - E2079/8		MEUSBURGER	---	0.003	---	---	19
110	ZAPUSTNY SROUB - E1220/6X12		MEUSBURGER	---	0.003	---	---	2
109	IMBUSOVY SROUB - E1200/5X8		MEUSBURGER	---	0.003	---	---	7
108	IMBUSOVY SROUB - E1200/4X20		MEUSBURGER	---	0.003	---	---	2
107	IMBUSOVY SROUB - E1200/4X16		MEUSBURGER	---	0.003	---	---	2
106	VALCOVY KOLIK - E1302/8X16		MEUSBURGER	---	0.004	---	---	4
105	VALCOVY KOLIK - E1300/6X20		MEUSBURGER	---	0.004	---	---	1
104	TLAKOVE CIDLO - 6157BAE		KISTLER	---	0.004	---	---	1
103	PRICHYTKA KONEKTORU - P1-20X35		CSN 42 5301	11.373	0.004	---	SZ01ZCU01P048	1
102	PRICHYTKA KABELU - PP-8X70		CSN 42 5301	11.373	0.004	---	SZ01ZCU01P047	2
101	IMBUSOVY SROUB - E1200/5X12		MEUSBURGER	---	0.004	---	---	4
100	ZASLEPKA - E2079/10		MEUSBURGER	---	0.005	---	---	21
99	PRUZINA 2 - TL 1X9X185X17.5		FEVOS	---	0.006	---	---	1
98	JADRO 8 - NV 15 10/15/1730		MEUSBURGER	1.1730	0.006	---	SZ01ZCU01P046	2
97	IMBUSOVY SROUB - E1200/6X16		MEUSBURGER	---	0.007	---	---	5
96	IMBUSOVY SROUB - E1200/5X35		MEUSBURGER	---	0.007	---	---	9
95	ZAPUSTNY SROUB - E1220/8X16		MEUSBURGER	---	0.008	---	---	16
94	IMBUSOVY SROUB - E1200/6X20		MEUSBURGER	---	0.008	---	---	1
93	KRYT 5 - P2-20X34		CSN 42 5301	11.373	0.010	---	SZ01ZCU01P045	1
92	IMBUSOVY SROUB - E1200/6X30		MEUSBURGER	---	0.010	---	---	4
91	VALCOVY KOLIK - E1300/6X30		MEUSBURGER	---	0.011	---	---	2
90	DISTANCNI TRUBICKA - 7X72		CSN 425510	11.373	0.011	---	SZ01ZCU01P044	1
89	JADRO 12 - NR 15/55/2210		MEUSBURGER	1.2210	0.013	---	SZ01ZCU01P043	1
88	IMBUSOVY SROUB - E1200/8X20		MEUSBURGER	---	0.015	---	---	16
87	KONEKTOR TLAK - SOUCAST CIDLA TLAKU		KISTLER	---	0.016	---	---	1
86	STITEK CIDLA TLAKU - 80X30X1		RBCB	---	0.017	---	---	1
85	STITEK CIDLA TEPLoty - 80X30X1		RBCB	---	0.017	---	---	2
84	IMBUSOVY SROUB - E1200/8X25		MEUSBURGER	---	0.017	---	---	4
83	IMBUSOVY SROUB - E1200/6X65		MEUSBURGER	---	0.018	---	---	6
82	JADRO 4 - NR 15/40/1730		MEUSBURGER	1.2210	0.019	---	SZ01ZCU01P042	1
81	TEPLOTNI CIDLO - TP-341J-45-5-5		CZAKI THERMO PRODUCT	---	0.020	---	---	6
80	SROUBENI - E2000/13/16		MEUSBURGER	---	0.021	---	---	1
79	DORAZOVA DESTICKA - E1500/30		MEUSBURGER	1.1730	0.021	---	---	4
78	OPERNA DESTICKA - NP 30 20/8/1730		MEUSBURGER	1.1730	0.022	---	SZ01ZCU01P041	3
77	ZMENOVY STITEK - 80X40X1		RBCB	---	0.024	---	---	1
76	IMBUSOVY SROUB - E1200/8X45		MEUSBURGER	---	0.025	---	---	6
75	IMBUSOVY SROUB - E1200/10X20		MEUSBURGER	---	0.026	---	---	4
74	IMBUSOVY SROUB - E1200/10X30		MEUSBURGER	---	0.032	---	---	4
73	IMBUSOVY SROUB - E1200/10X35		MEUSBURGER	---	0.035	---	---	4
72	PREPAZKA 2 - E1100/12X250		MEUSBURGER	2.0401	0.047	---	SZ01ZCU01P040	1
71	PREPAZKA 1 - E2100/12X250		MEUSBURGER	2.0401	0.047	---	SZ01ZCU01P039	1
70	SPINACI VACKA - N30 17/16/1730		MEUSBURGER	1.1730	0.049	---	SZ01ZCU01P038	1
69	KRYT 2 - P2-22X150		CSN 42 5301	11.373	0.050	---	SZ01ZCU01P037	1
68	IMBUSOVY SROUB - E1200/10X80		MEUSBURGER	---	0.050	---	---	2
67	JADRO 2 - NR 30 80/8/1730		MEUSBURGER	1.1730	0.051	---	SZ01ZCU01P036	1
66	JADRO 1 - NR 15/100/2210		MEUSBURGER	1.2210	0.052	---	SZ01ZCU01P035	2
65	DORAZ SOUPE 2 - N 20 15/ 27/1730		MEUSBURGER	1.1730	0.056	---	SZ01ZCU01P034	1
64	KRYT 1 - P2-34X110		CSN 42 5301	11.373	0.057	---	SZ01ZCU01P033	1
63	KRYT 3 - P2-22X180		CSN 42 5301	11.373	0.061	---	SZ01ZCU01P032	2
62	JADRO 11 - NR 21/65/7131		MEUSBURGER	1.1731	0.063	---	SZ01ZCU01P031	1
61	IMBUSOVY SROUB - E1200/10X85		MEUSBURGER	---	0.066	---	---	4
60	IMBUSOVY SROUB - E1200/12X60		MEUSBURGER	---	0.073	---	---	2
59	KONEKTOR TEPLOTA - CSPE-LJK1		HAMTHERM	---	0.077	---	---	2
58	ZAMEK DNE - P3M 001		DME	---	0.079	---	---	2
57	KRYT 4 - P2-22X240		CSN 42 5301	11.373	0.082	---	SZ01ZCU01P051	1
56	IMBUSOVY SROUB - E1200/12X85		MEUSBURGER	---	0.095	---	---	2
55	IMBUSOVY SROUB - E1200/12X95		MEUSBURGER	---	0.104	---	---	2
54	IMBUSOVY SROUB - E1200/10X185		MEUSBURGER	---	0.127	---	---	1
53	JADRO 10 - NR 21/40/7131		MEUSBURGER	1.1731	0.133	---	SZ01ZCU01P030	1
52	UZAVIRACI KLIN - E3024/19/40		MEUSBURGER	---	0.157	---	---	2
51	VODICI POUZDRO - E1120/30-22/27		MEUSBURGER	2.0598	0.171	---	---	4
50	IMBUSOVY SROUB - E1200/16X90		MEUSBURGER	---	0.187	---	---	4
49	DORAZ SOUPE 1 - N25 50/ 32/1730		MEUSBURGER	1.1730	0.195	---	SZ01ZCU01P029	1
48	SIKMY KOLIK - E1100/12X250		MEUSBURGER	1.1731	0.215	---	---	1
47	IMBUSOVY SROUB - E1200/16X110		MEUSBURGER	---	0.219	---	---	4
46	KONEKTOR 1 - 704 310		WALTHER	---	0.236	---	---	1
45	UCHYCENI KOLIKU - E3060/14		MEUSBURGER	1.2312	0.245	---	---	1
44	KONCOVY SPINAC - 087 162 N01D572-M		EUCHNER	---	0.252	---	---	1
43	JADRO 9 - NR 27/180/7131		MEUSBURGER	1.1731	0.266	---	SZ01ZCU01P028	1
42	KONEKTOR 3 - 714 410		WALTHER	---	0.331	---	---	1
41	CENTROVACI POUZDRO - E1160/42X60		MEUSBURGER	1.1731	0.336	---	---	8
40	KONEKTOR 2 - 714 210		WALTHER	---	0.374	---	---	1
39	ZAMEK - E1936/60		MEUSBURGER	---	0.387	---	---	2
38	IMBUSOVY SROUB - E1200/16X220		MEUSBURGER	---	0.392	---	---	4
37	JADRO 7 - NR 31/180/7131		MEUSBURGER	1.1731	0.448	---	SZ01ZCU01P027	1
36	TAHLO - NR 20/270/2210		MEUSBURGER	1.2210	0.501	---	SZ01ZCU01P026	4
35	SPOJKA MJ1101J - NR 71/50/7131		MEUSBURGER	1.1731	0.524	---	---	1
34	JADRO 6 - NR 31/180/7131		MEUSBURGER	1.1731	0.533	---	SZ01ZCU01P025	4
33	VEDENI - E1308/60		MEUSBURGER	1.2162	0.581	---	---	1
32	SIKMY KOLIK - E1032/20X280		MEUSBURGER	1.1731	0.635	---	---	1
31	SUPAK MALY - N 110 40/60/1730		MEUSBURGER	1.1730	0.658	---	SZ01ZCU01P024	1
30	VODICI POUZDRO - E1100/32-136		MEUSBURGER	1.1731	0.663	---	---	4
29	VYHRIVANY VYOK - Z340150/100		HASC	---	0.760	---	---	1
28	SPIRALOVE JADRO - E2120/40X250		MEUSBURGER	PA 6.6 GF 30	0.891	---	SZ01ZCU01P023	1
27	VODICI JEDNOTKA - E31300/27/10/100		MEUSBURGER	---	0.898	---	---	1
26	VODICI KOLIK - E1030/30X240		MEUSBURGER	1.1731	1.341	---	---	4
25	STREDICI KROUZEK - NR 165/ 30/1730		MEUSBURGER	1.1730	1.864	---	SZ01ZCU01P022	1
24	JADRO 5 - NR 71/170/7131		MEUSBURGER	1.1731	1.865	---	SZ01ZCU01P021	1
23	UZAVIRACI KLIN - E3024/60/80		MEUSBURGER	---	2.156	---	---	1
22	VODICI SLOUPEK - E 1000/32-136/115		MEUSBURGER	1.1731	2.304	---	---	4
21	STREDICI KROUZEK 1 - NR 165/30/1730		MEUSBURGER	1.1730	2.345	---	SZ01ZCU01P020	1
20	VODICI JEDNOTKA - E31300/35/40/120		MEUSBURGER	---	2.403	---	---	1
19	DESKA STRACI - NR 205 25/1730		MEUSBURGER	1.1730	2.803	---	SZ01ZCU01P019	1
18	DESKA IZOLACE POHYBLIVA - E 1405/446 596/8		MEUSBURGER	---	4.112	---	SZ01ZCU01P018	1
17	DESKA IZOLACE PEVNA - E 1405/446 596/8		MEUSBURGER	---	4.112	---	SZ01ZCU01P017	1
16	SUPAK VELKY 2 - N 120 130/70/2343		MEUSBURGER	1.2343	4.146	---	SZ01ZCU01P016	1
15	SUPAK VELKY 1 - E3017/100/80/140		MEUSBURGER	1.2311	5.336	---	SZ01ZCU01P015	1
14	TVARNIK - NR 151 7 250/2343		MEUSBURGER	1.2343	6.886	---	SZ01ZCU01P014	1
13	TVARNICE 1 - NR 202/ 55/2343		MEUSBURGER	1.2343	9.652	---	SZ01ZCU01P013	1
12	PODPERNY CEP - E1510/100X236		MEUSBURGER	1.1730	11.122	---	SZ01ZCU01P012	2
11	TVARNICE 2 - NR 202/ 130/2343		MEUSBURGER	1.2343	15.074	---	SZ01ZCU01P011	1
10	DESKA KOTEVNI - F 80 1446 496/ 268 / 22/1730		MEUSBURGER	1.1730	19.121	---	SZ01ZCU01P010	1
9	DESKA OPERNA - F 85 1446 496/ 268 / 27/1730		MEUSBURGER	1.1730	23.284	---	SZ01ZCU01P009	1
8	ROZPERKA 1 - N 190 500 / 90 / 1730		MEUSBURGER	1.1730	56.047	---	SZ01ZCU01P008	1
7	ROZPERKA 2 - N 190 500 / 90 / 1730		MEUSBURGER	1.1730	56.199	---	SZ01ZCU01P007	1
6	DESKA TVARNIKU 1 - F 50 1446 496/ 46/1730		MEUSBURGER	1.1730	65.095	---	SZ01ZCU01P006	1
5	DESKA UPINACI POHYBLIVA - F 25 1446 496/ 36/1730		MEUSBURGER	1.1730	68.043	---	SZ01ZCU01P005	1
4	DESKA UPINACI PEVNA - F 25 1446 496/ 36/1730		MEUSBURGER	1.1730	67.121	---	SZ01ZCU01P004	1
3	DESKA TVARNICE 1 - F 55 1446 496/ 76/2312		MEUSBURGER	1.2312	116.496	---	SZ01ZCU01P003	1
2	DESKA TVARNIKU 2 - F 55 1446 496/ 86/2312		MEUSBURGER	1.2312	138.102	---	SZ01ZCU01P002	1
1	DESKA TVARNICE 2 - F 55 1446 496/ 136/2312		MEUSBURGER	1.2312	175.220	---	SZ01ZCU01P001	1



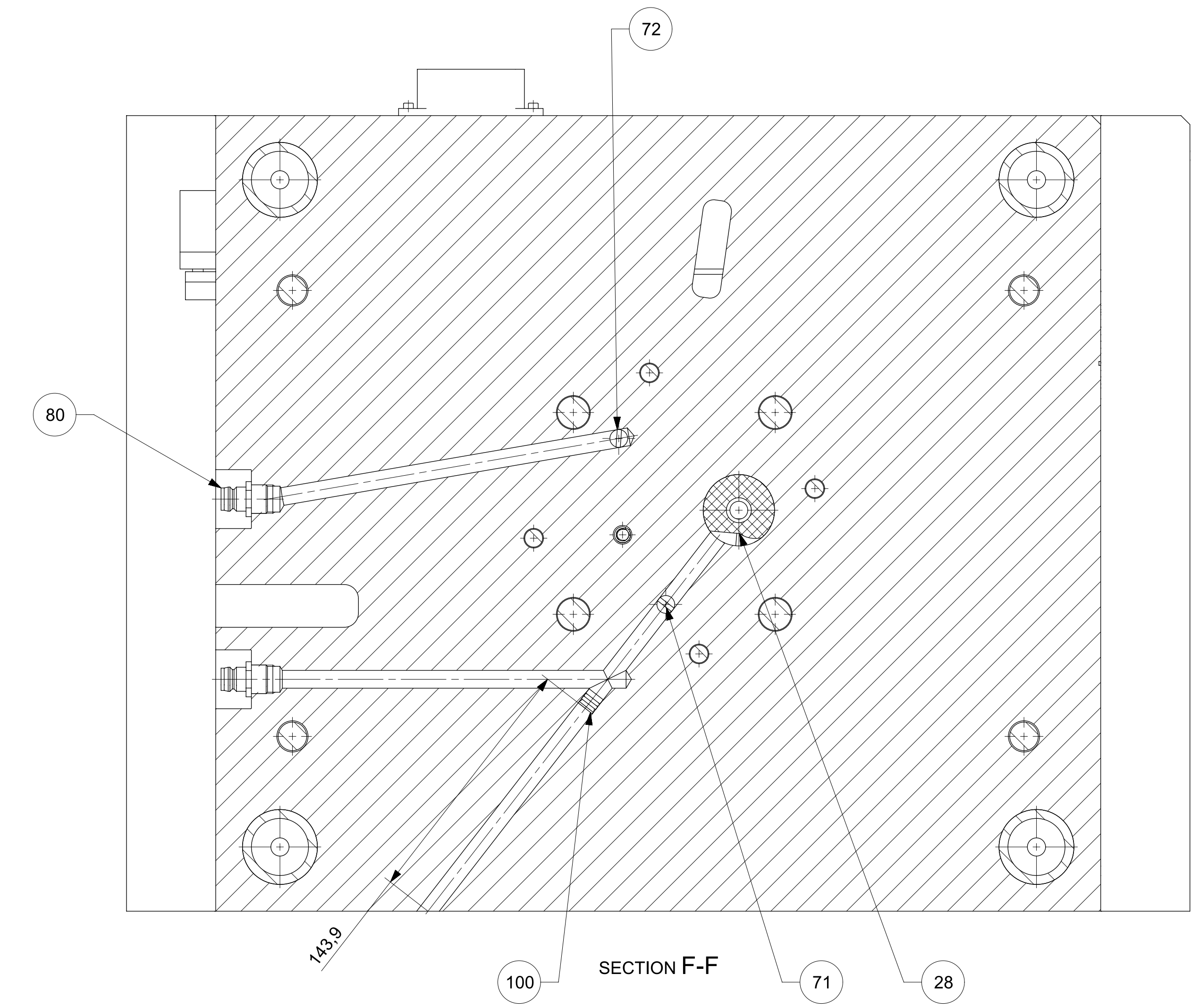
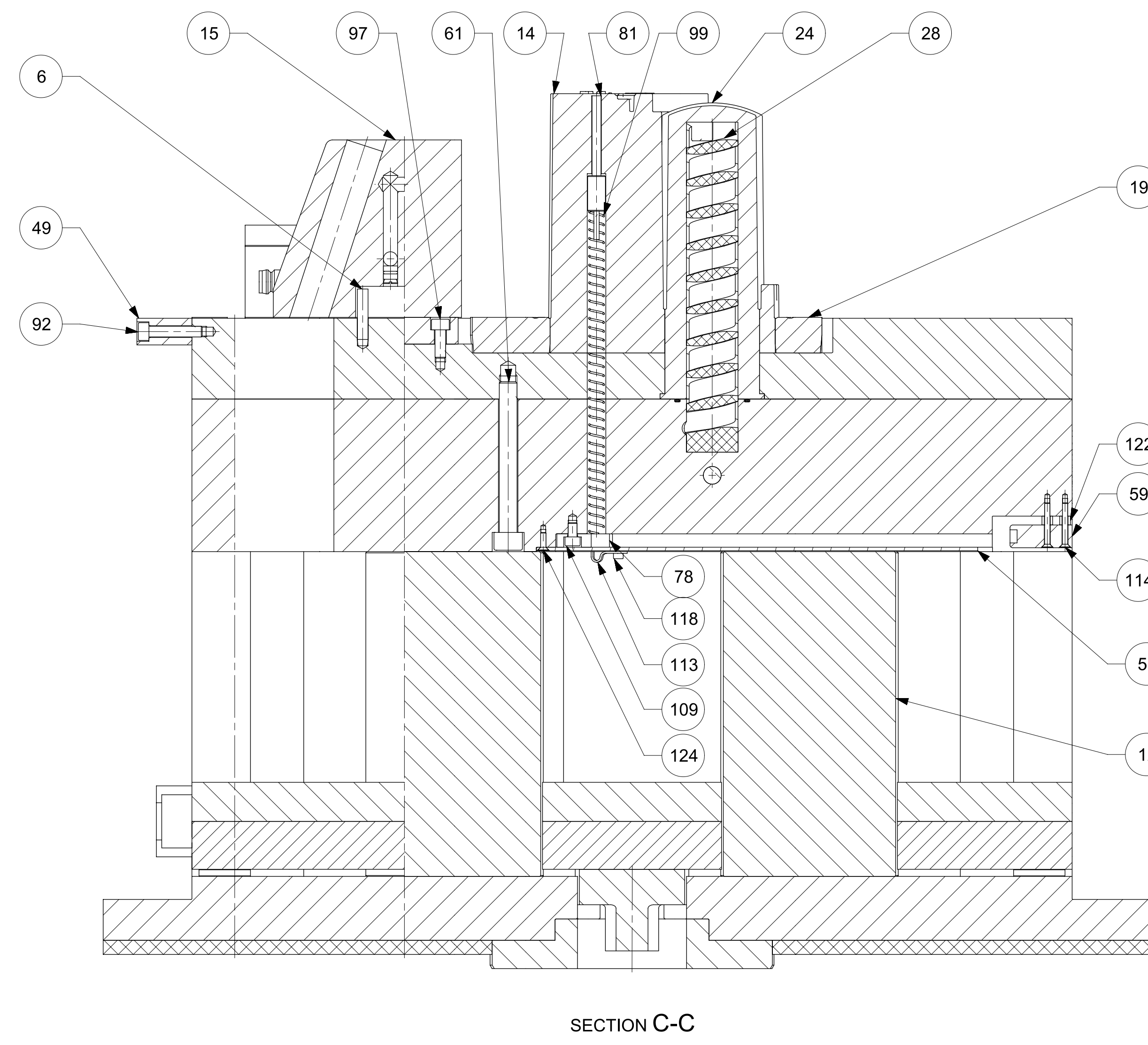
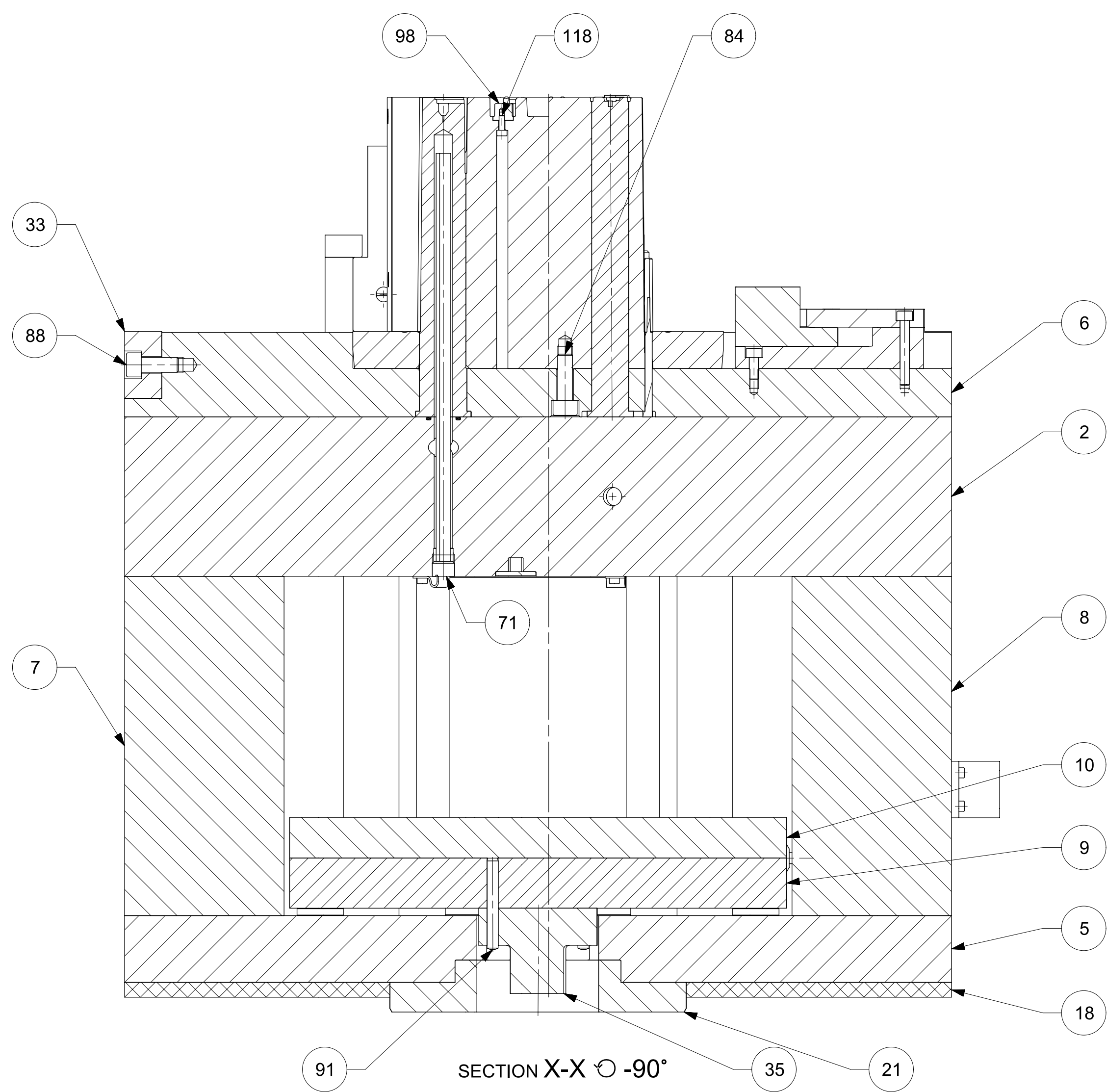
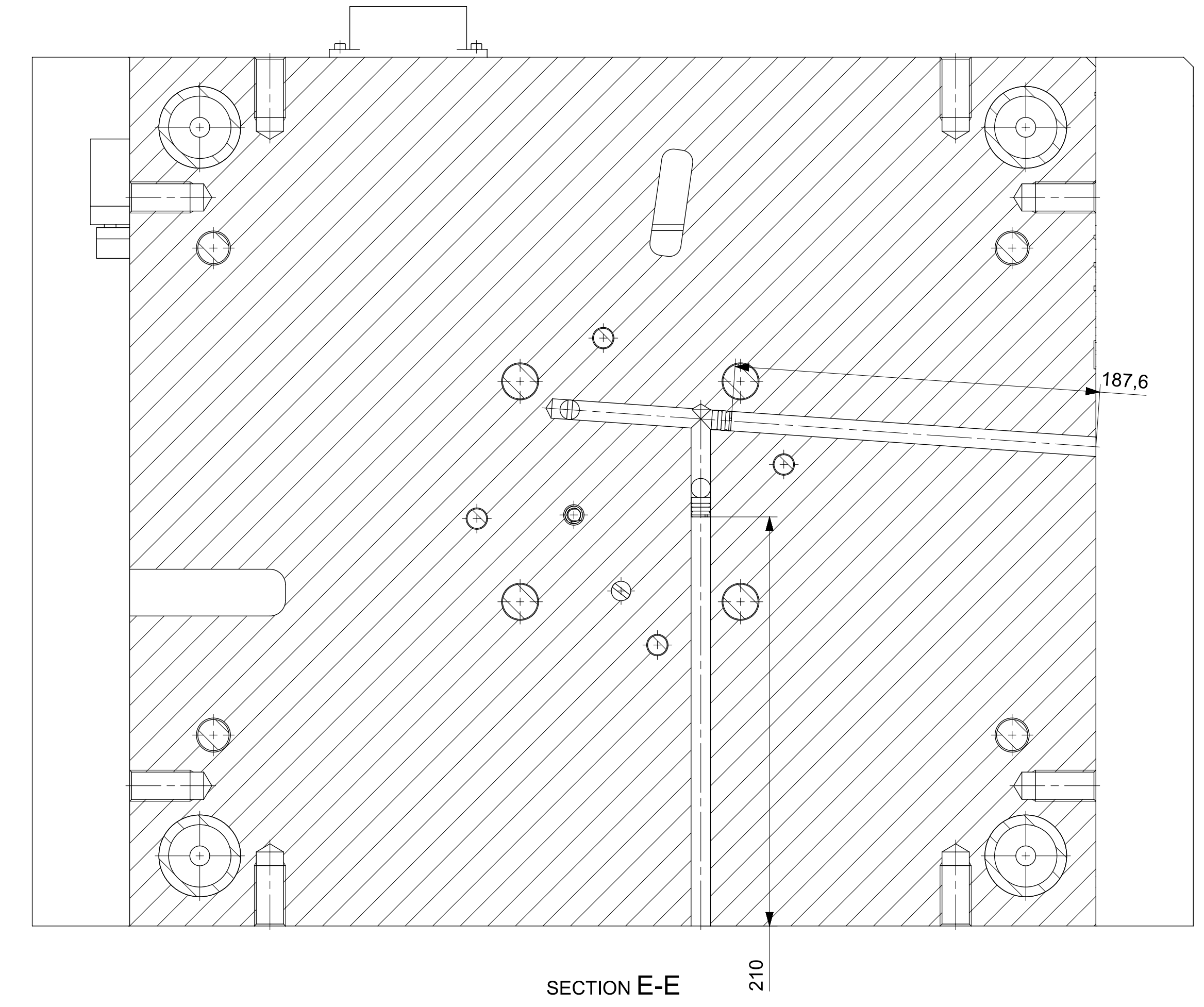
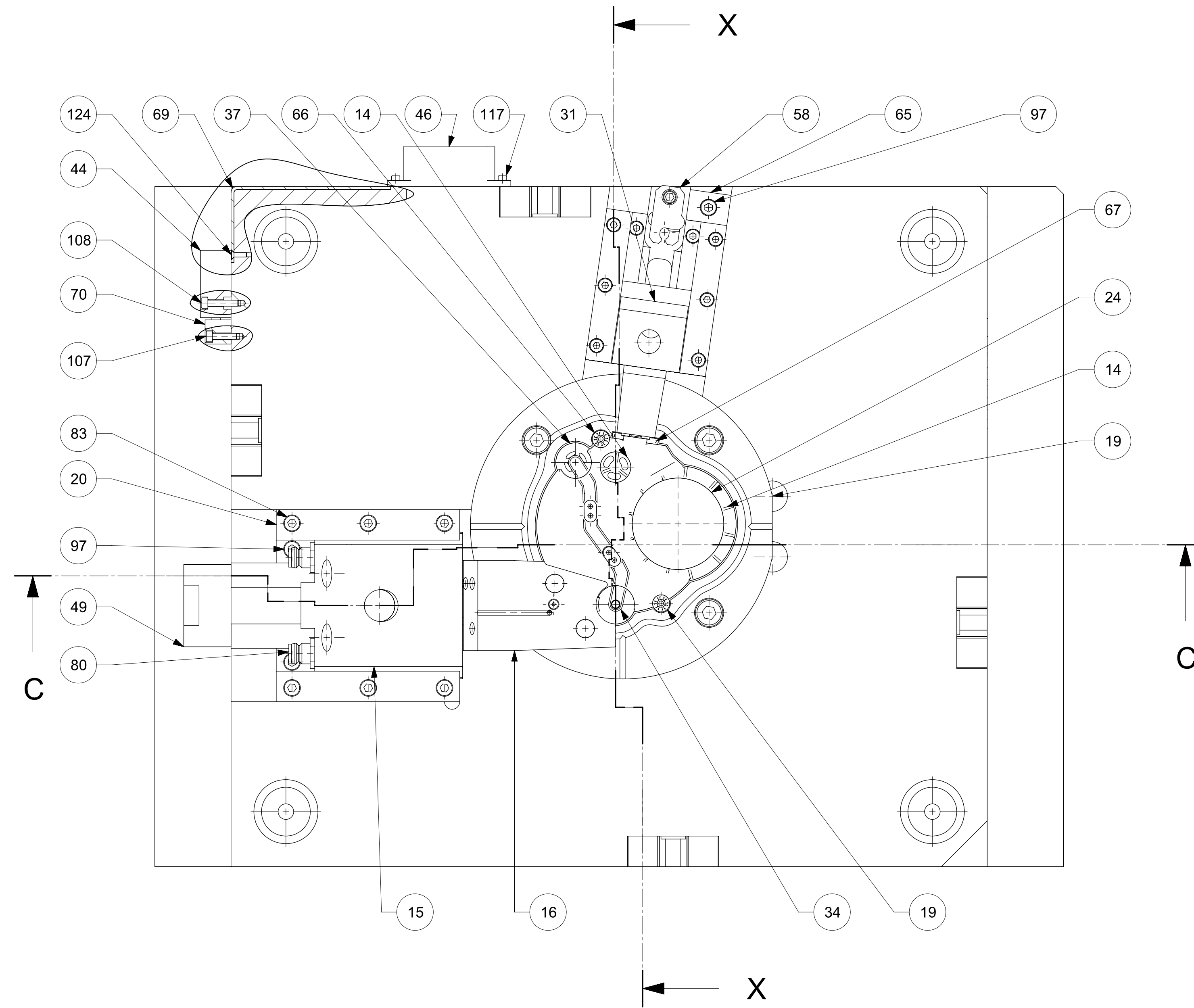
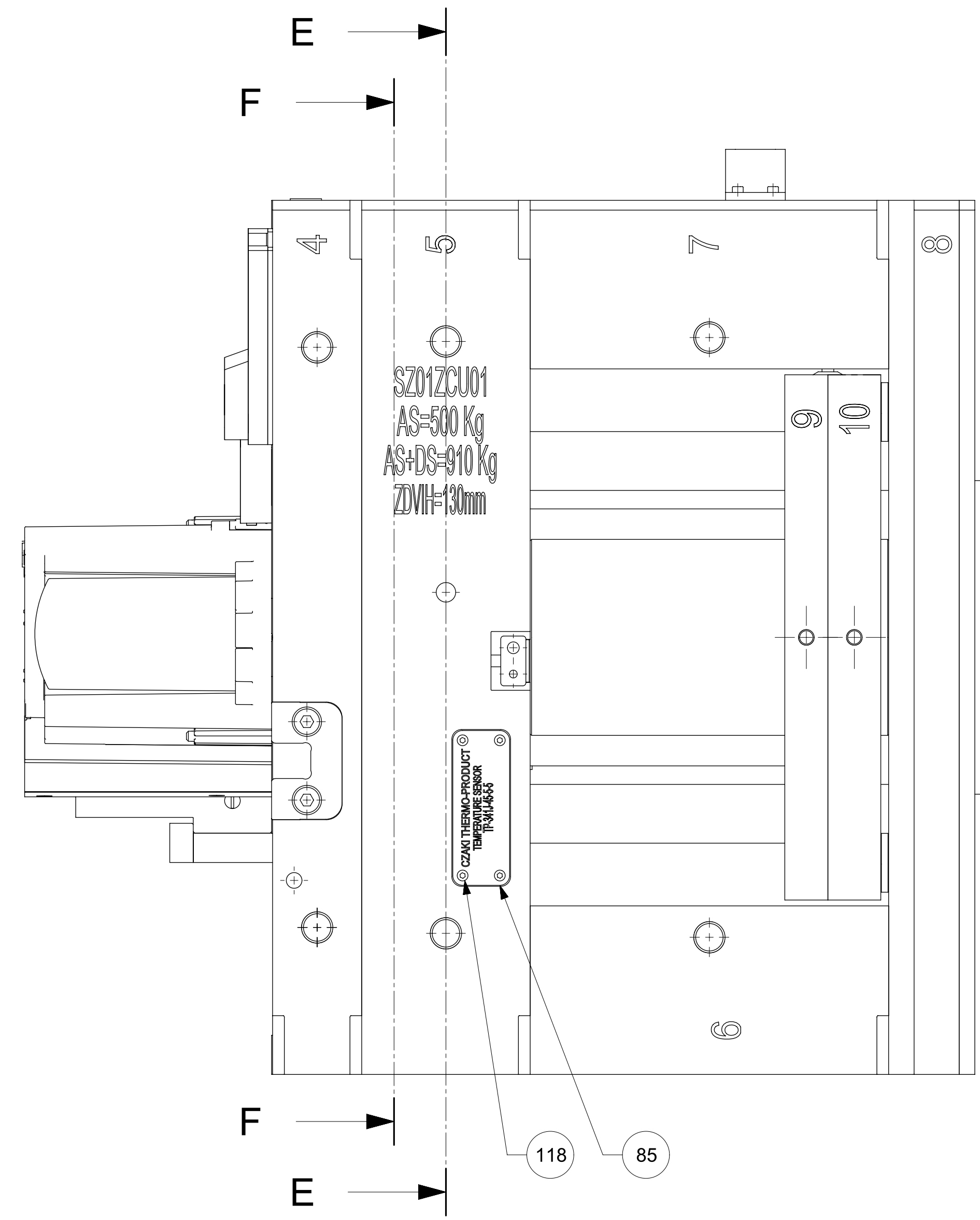
VYSTRIK - VNITREK
SCALE 1:1



VYSTRIK - VNEJSEK
SCALE 1:1

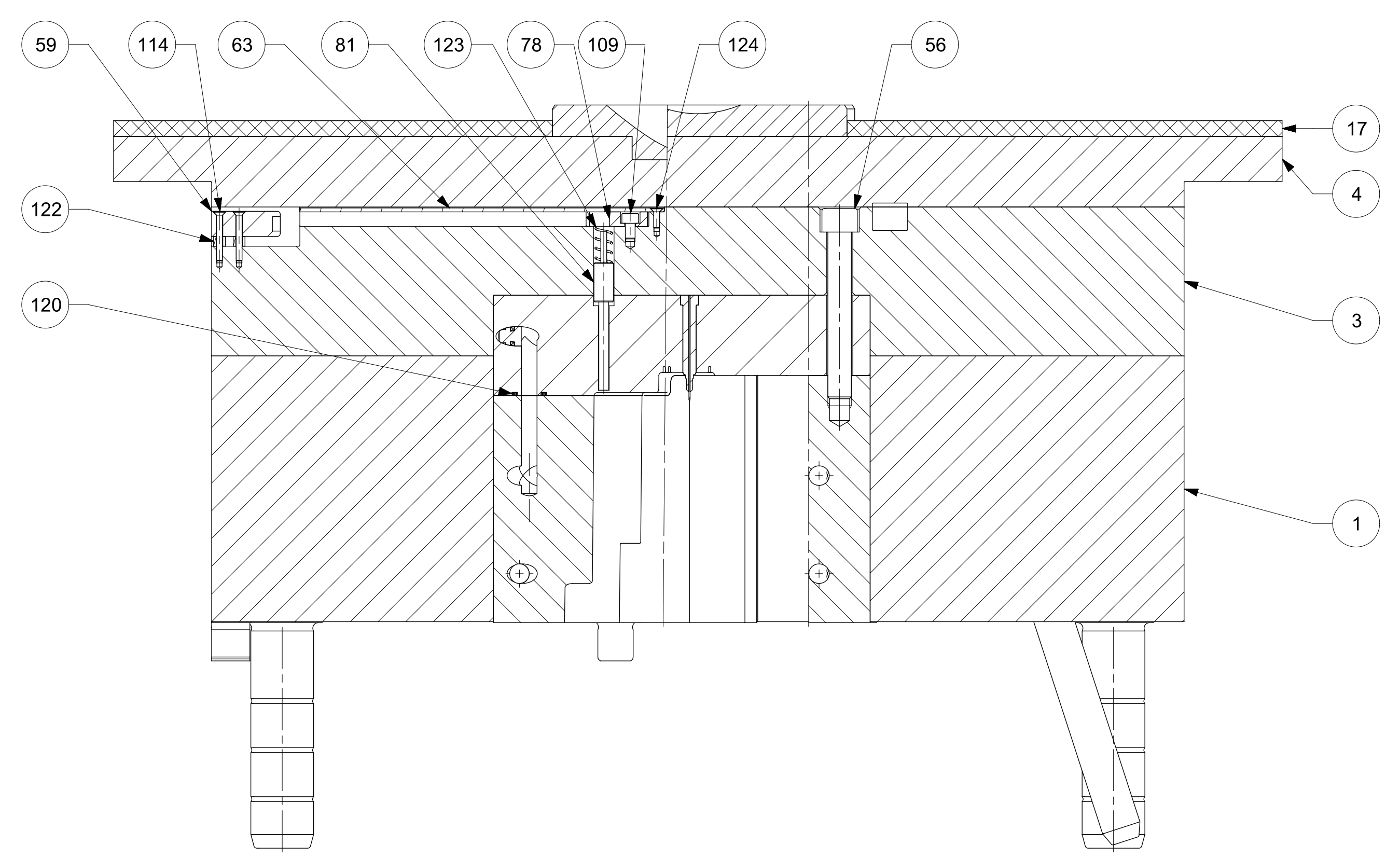
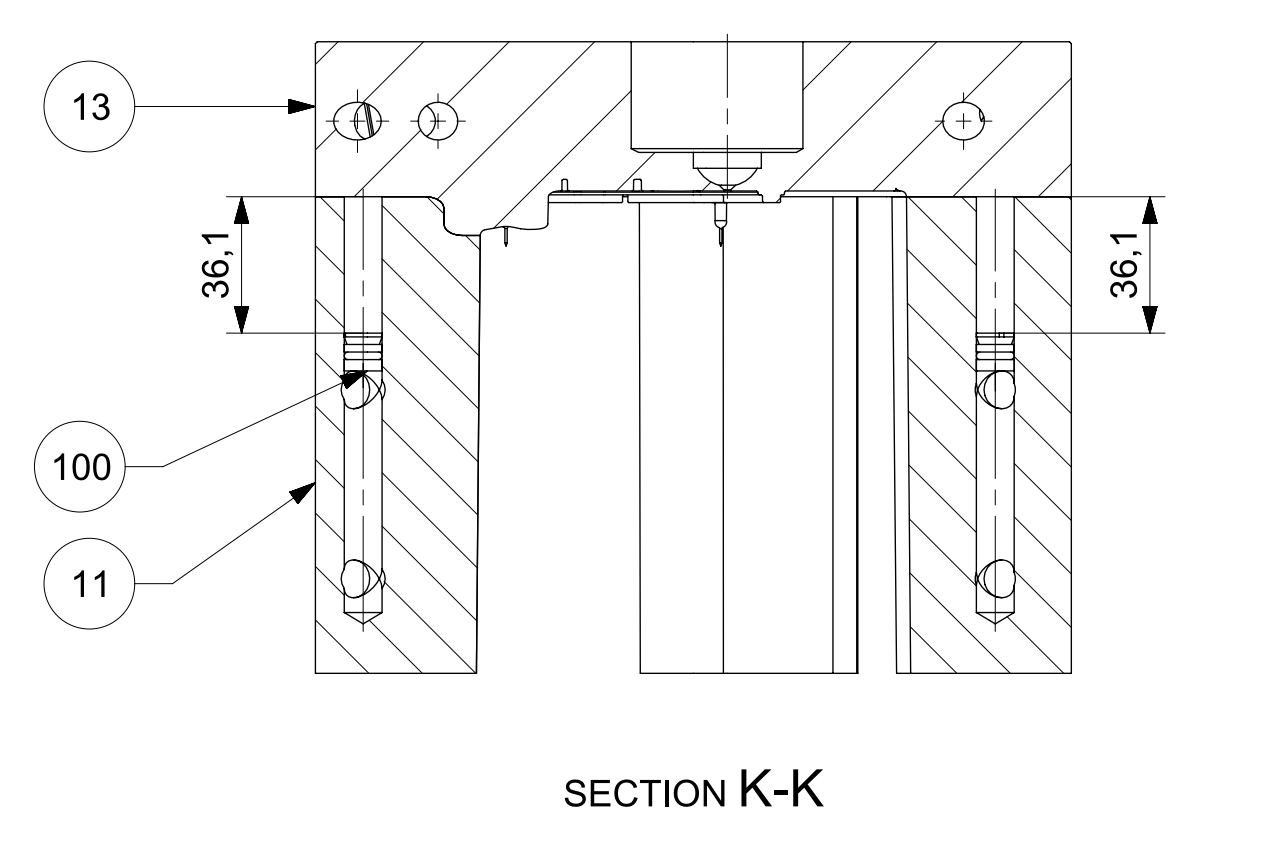
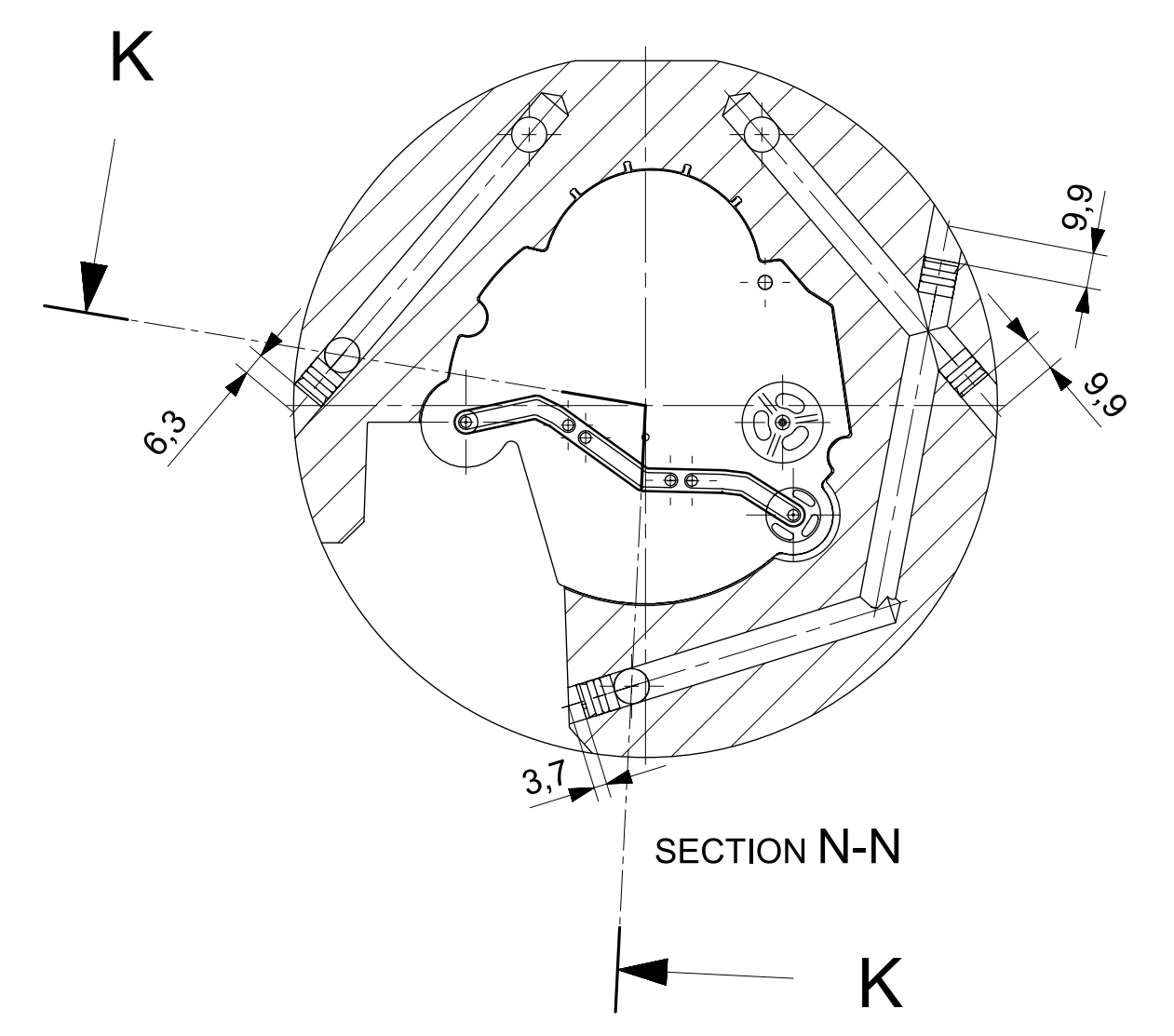
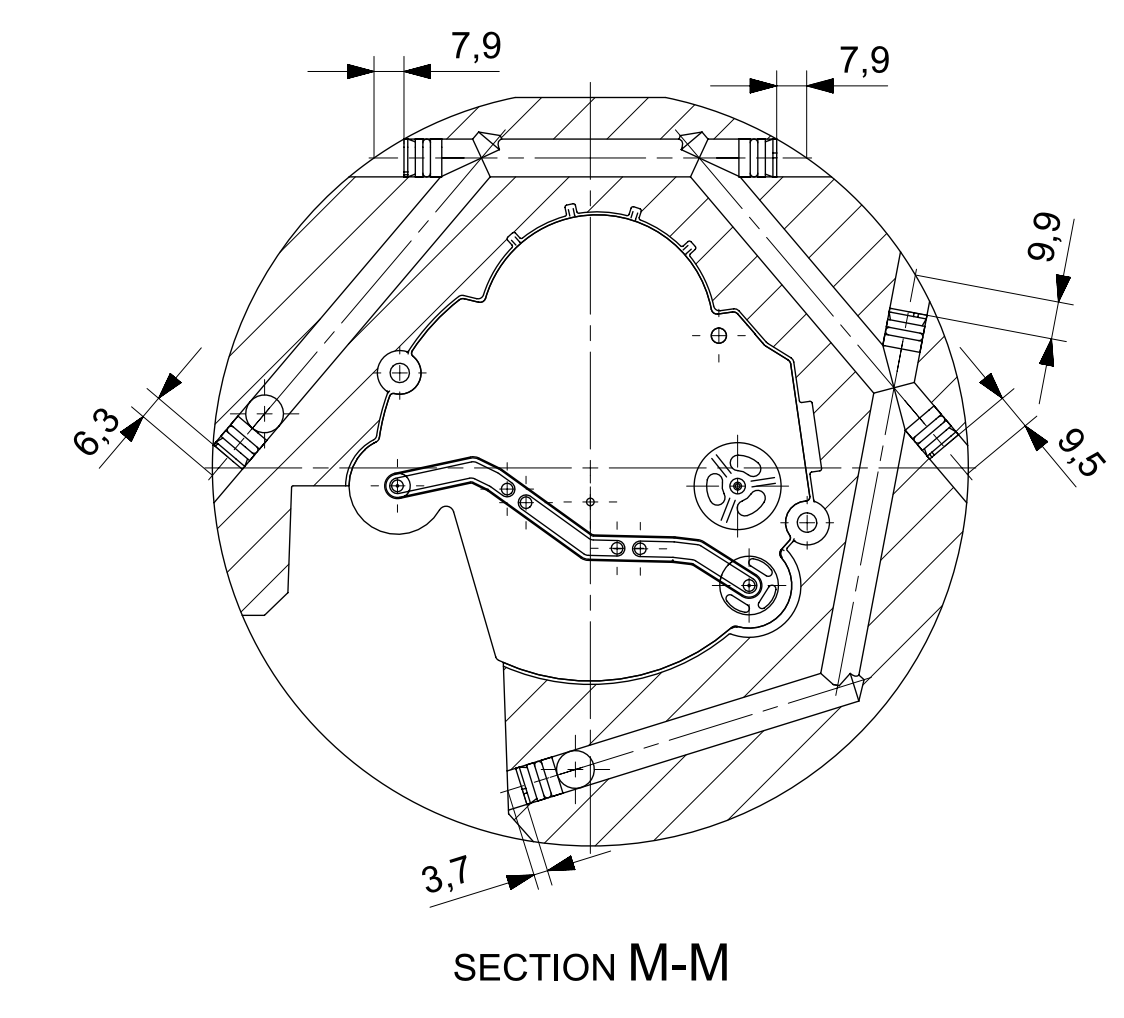
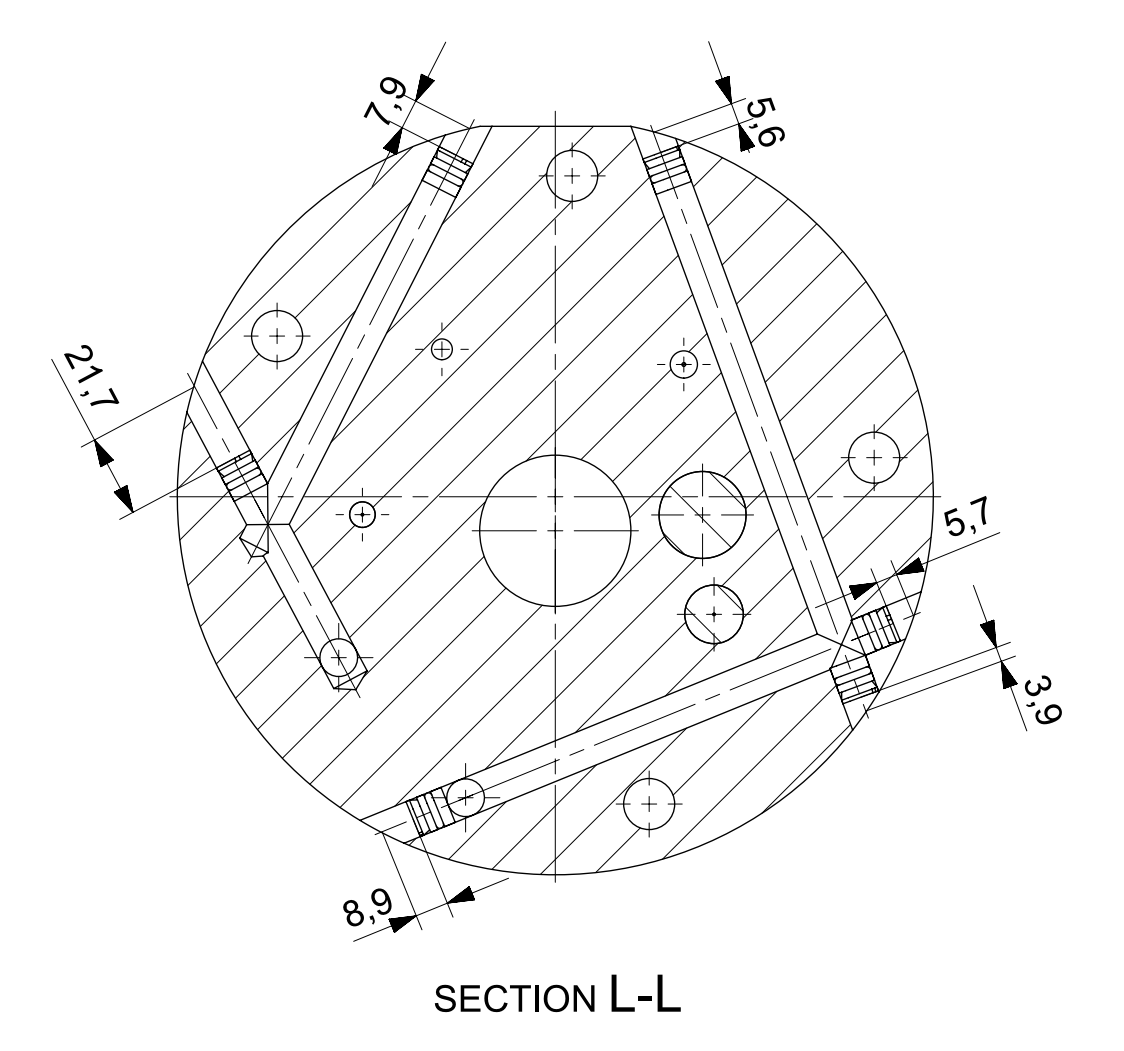
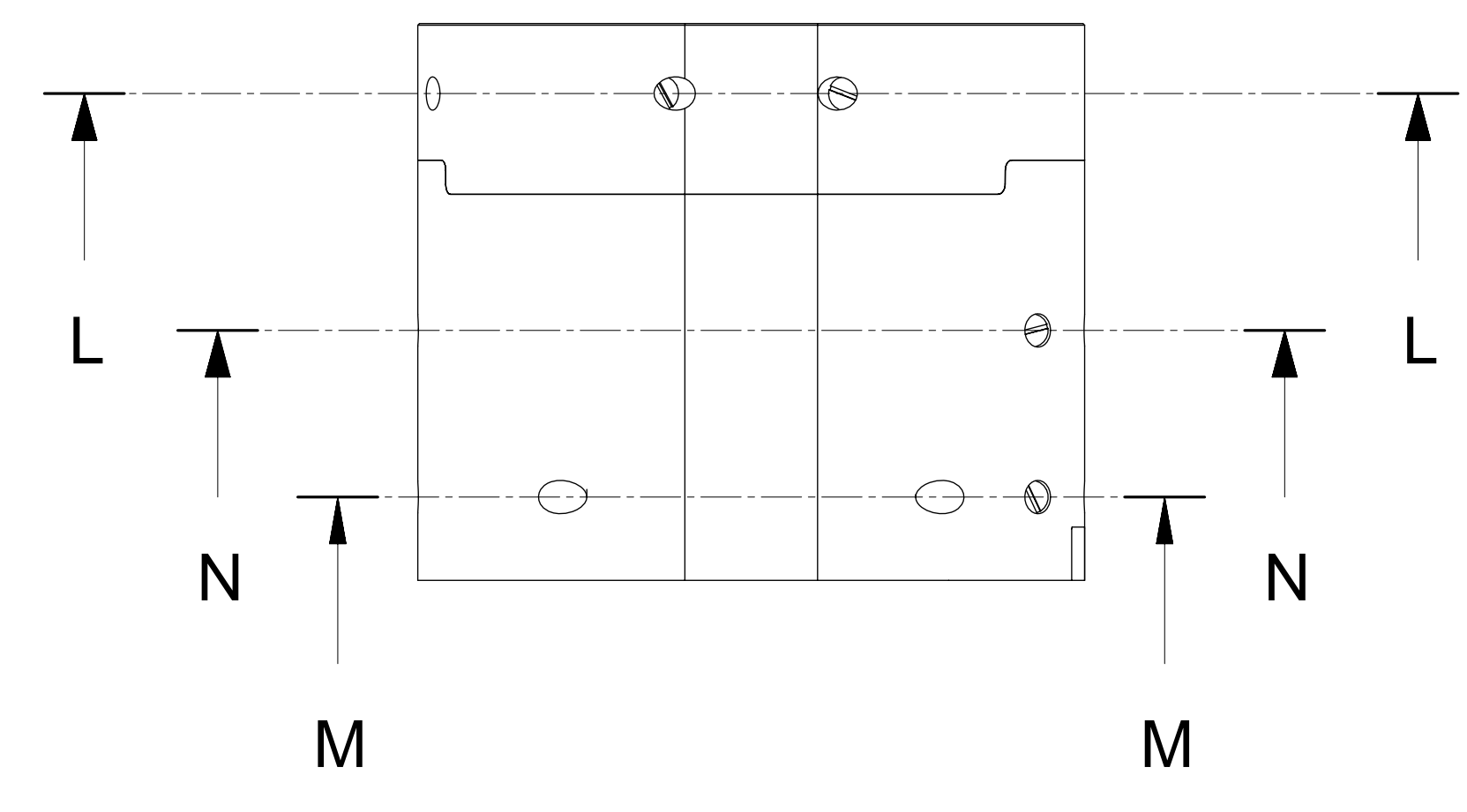
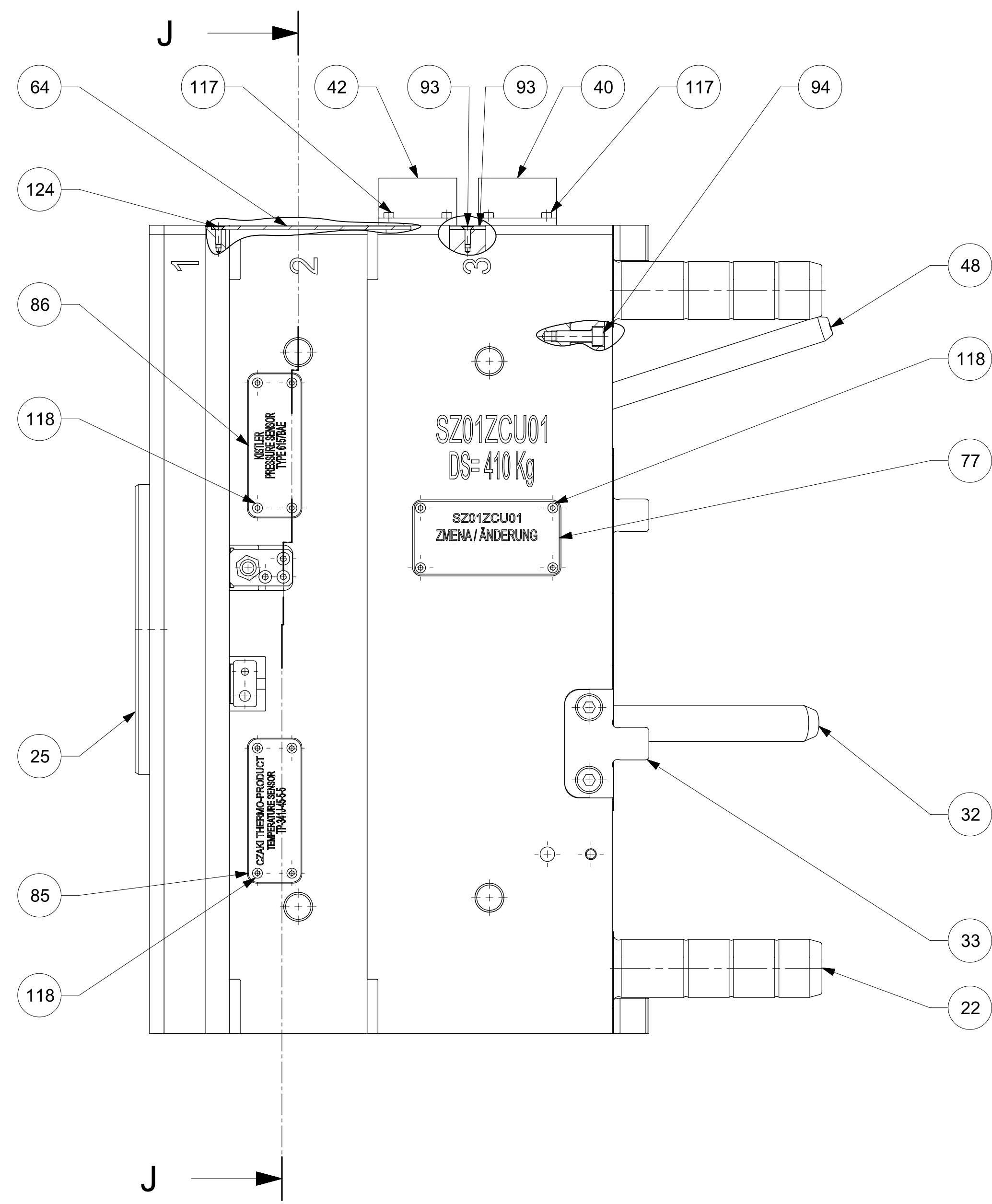
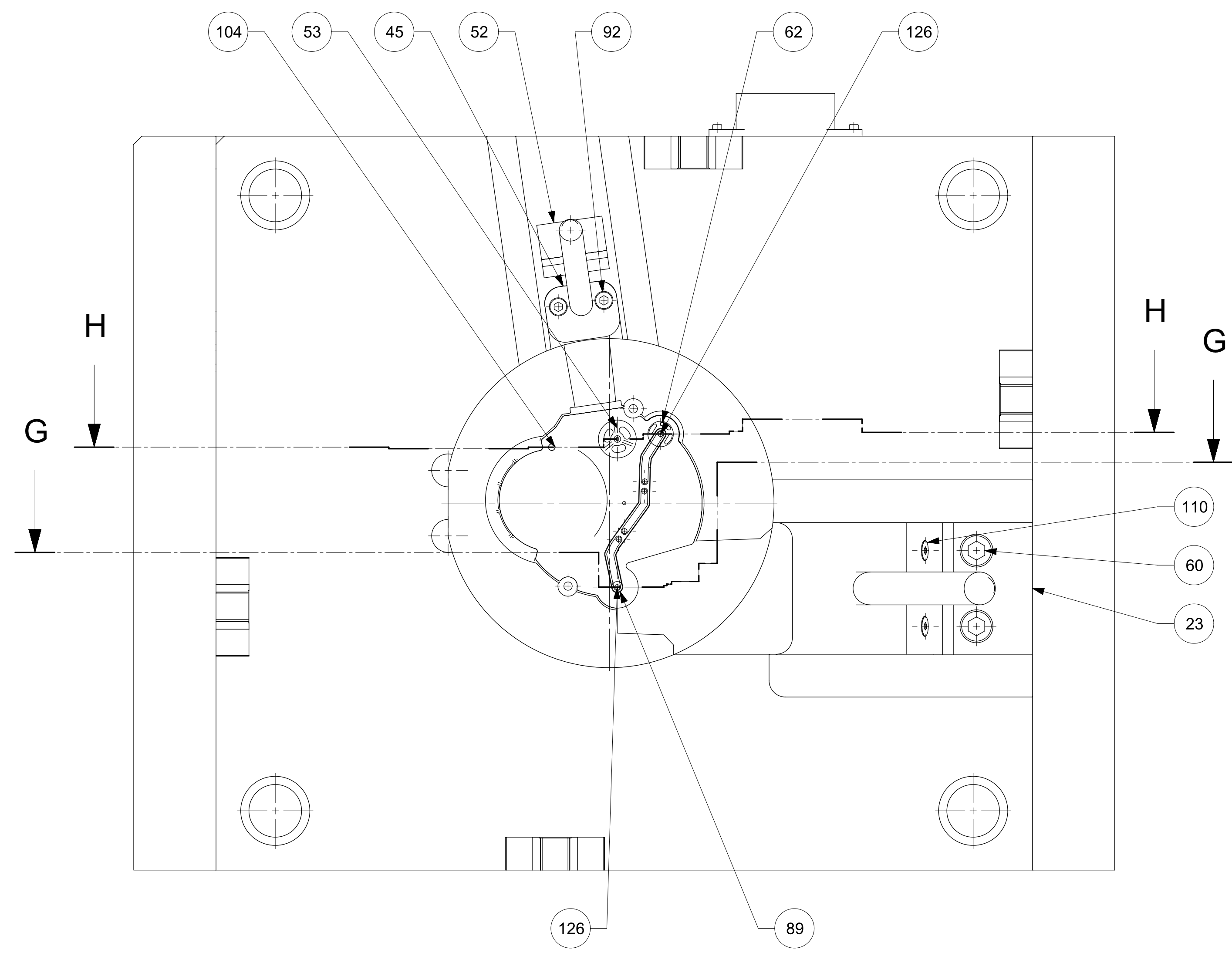
VSTRIKOVACI FORMA

Author	12.5.2014	Sheet Name	VOCADLO	Project / Project	VSTRIKOVACI FORMA	Marking / Scale	1:2

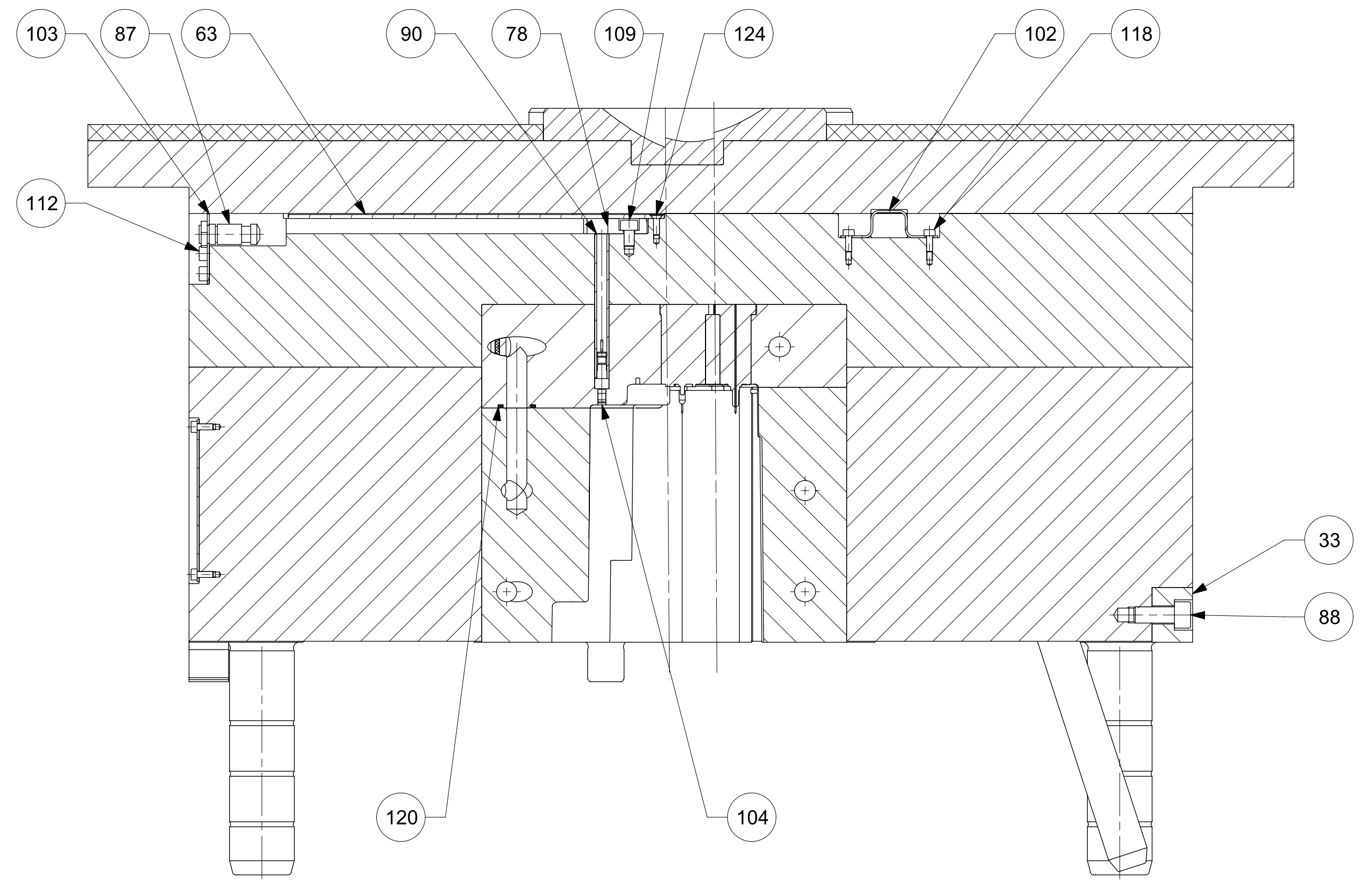


SROUBENI (POZ. 80) A PREPAZKY (POZ. 71 A 72) TESNIT TEFLONOVOU PASKOU
 PREPAZKY (POZ. 71 A 72) NATOCIT DLE ZNACKY NA DESCE (POZ. 2) A ZAJISTIT POJISTKY (POZ. 113)

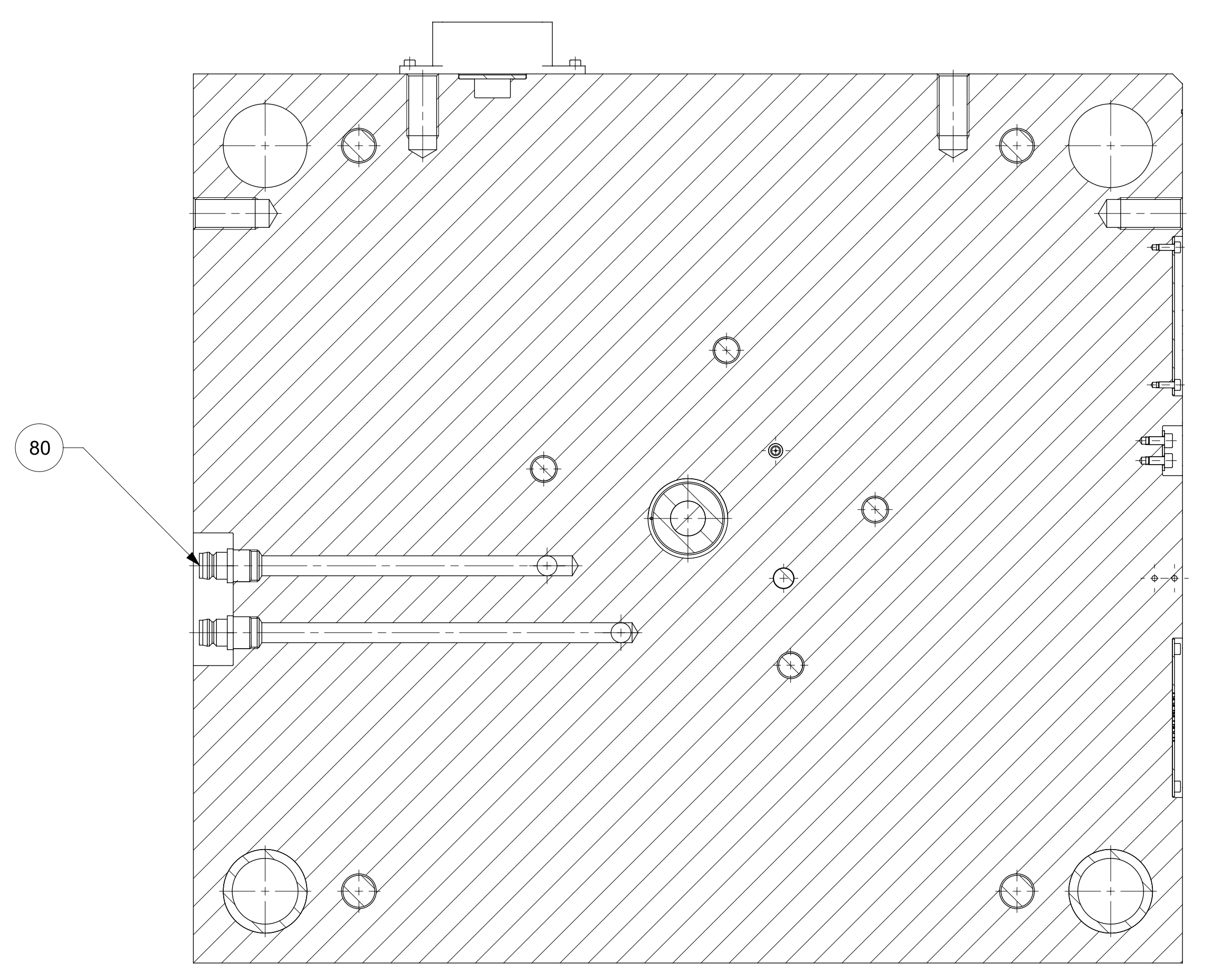
Datum/Date 12.5.2014 VYDANÉ 12.5.2014	Jméno/Name VOČADLO --- --- ---	FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Projekt/Project VSTRIKOVACÍ FORMA	Měřítko/Scale 1:2
Název/Title POHYBLIVÁ ČAST VSTRIKOVACÍ FORMA	Stupeň/Level --- --- ---		Projekt/Project SZ01ZCU01 910 KG	Formát/Format A0



SECTION G-G

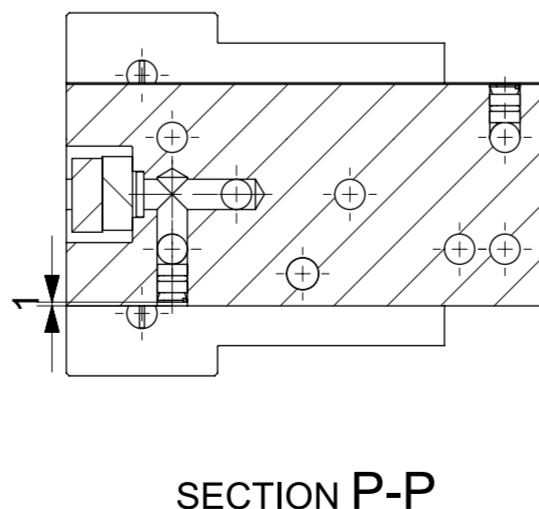
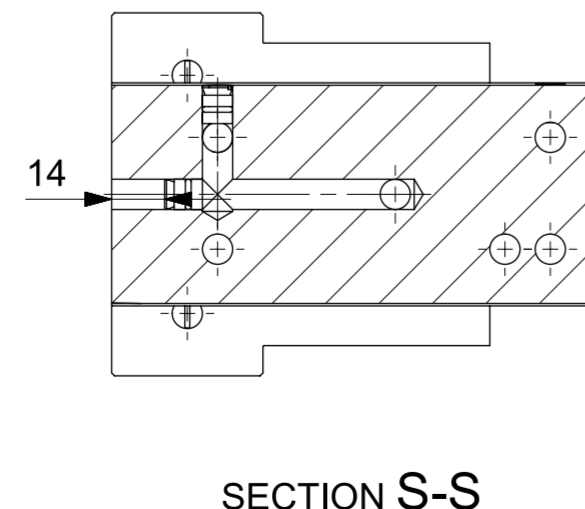
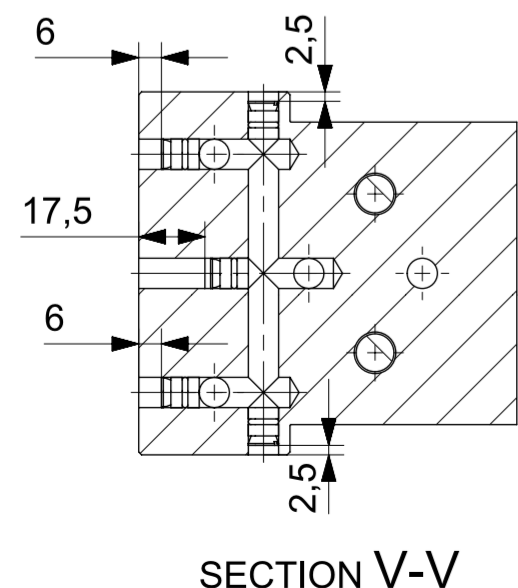
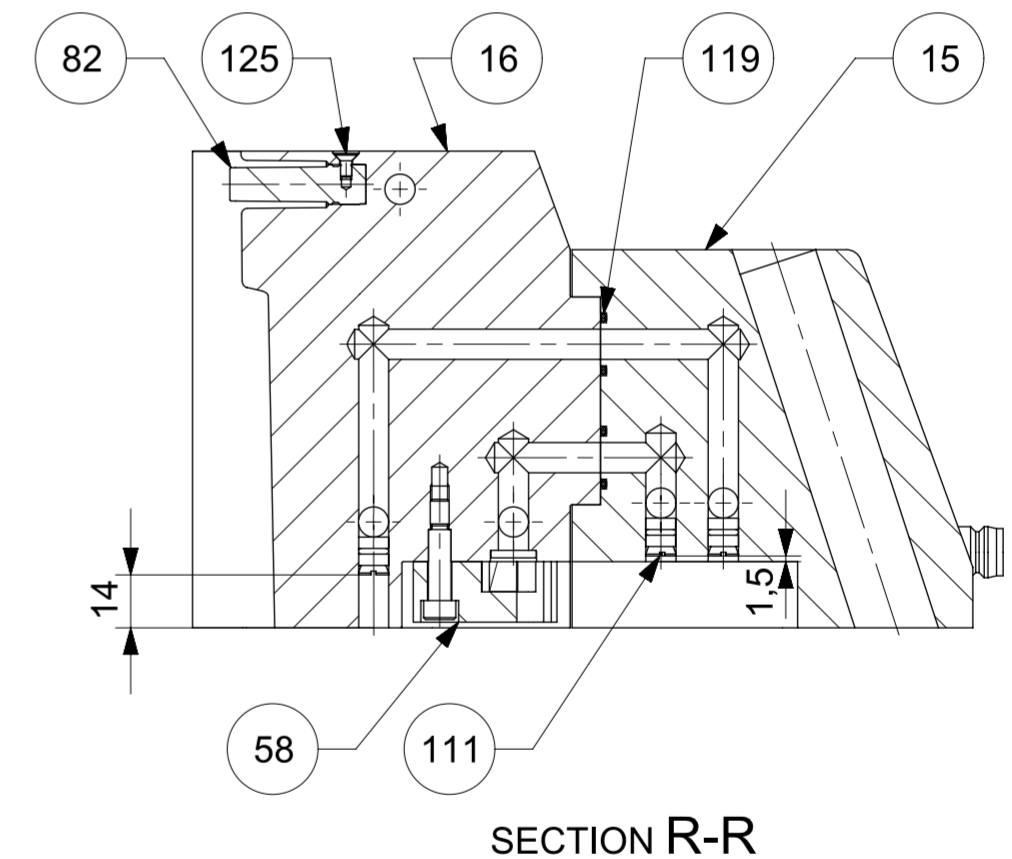
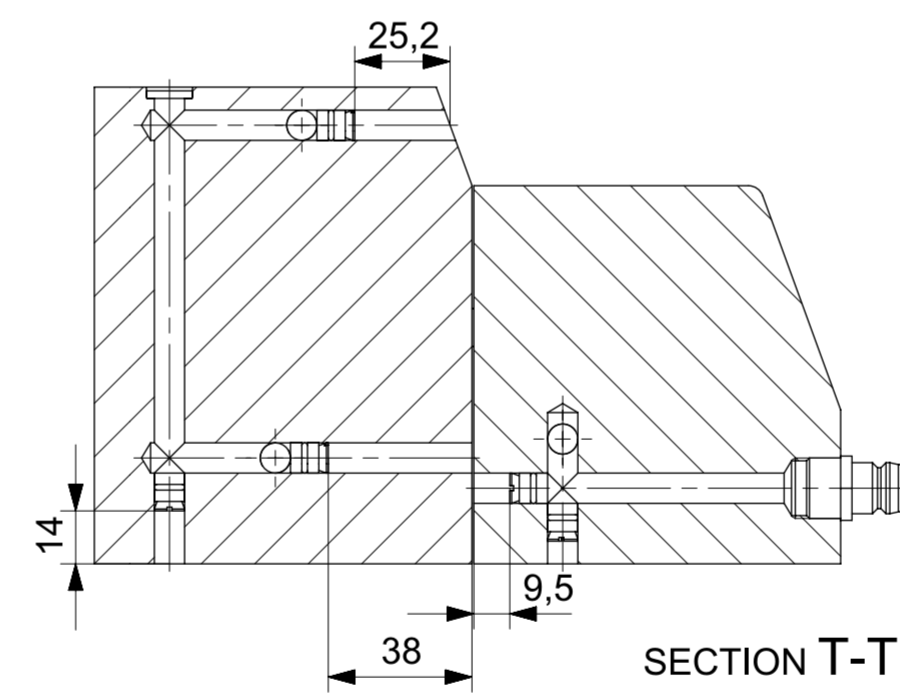
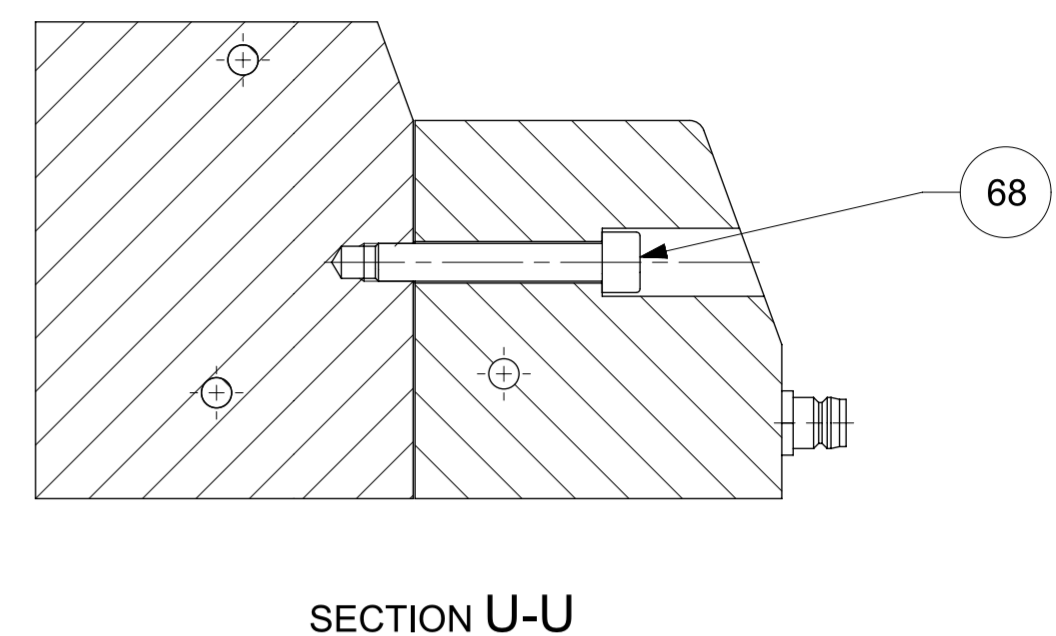
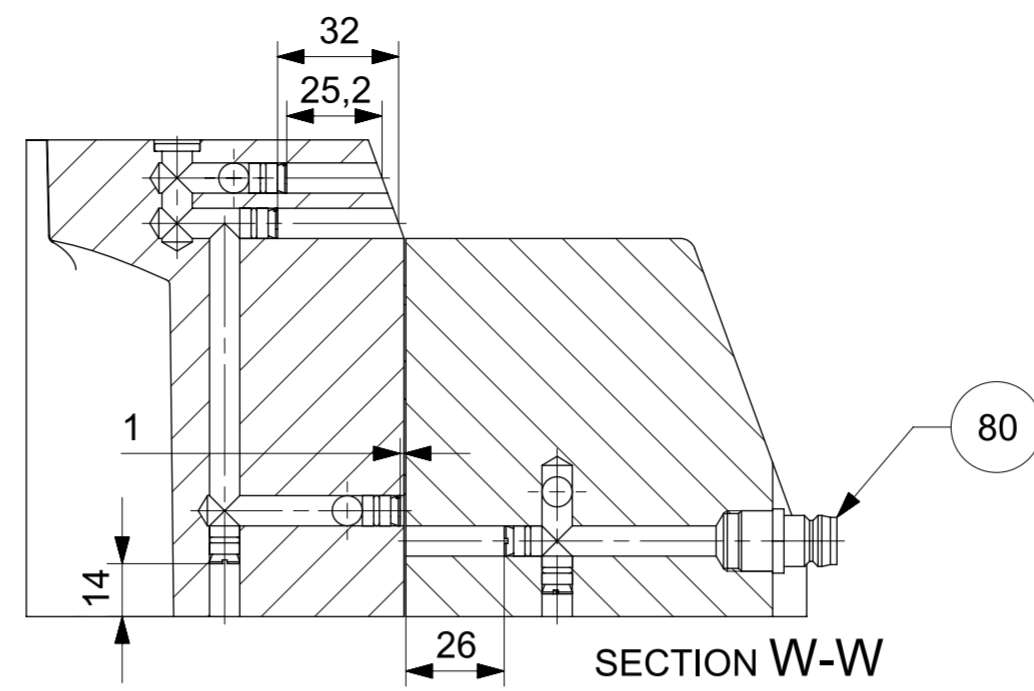
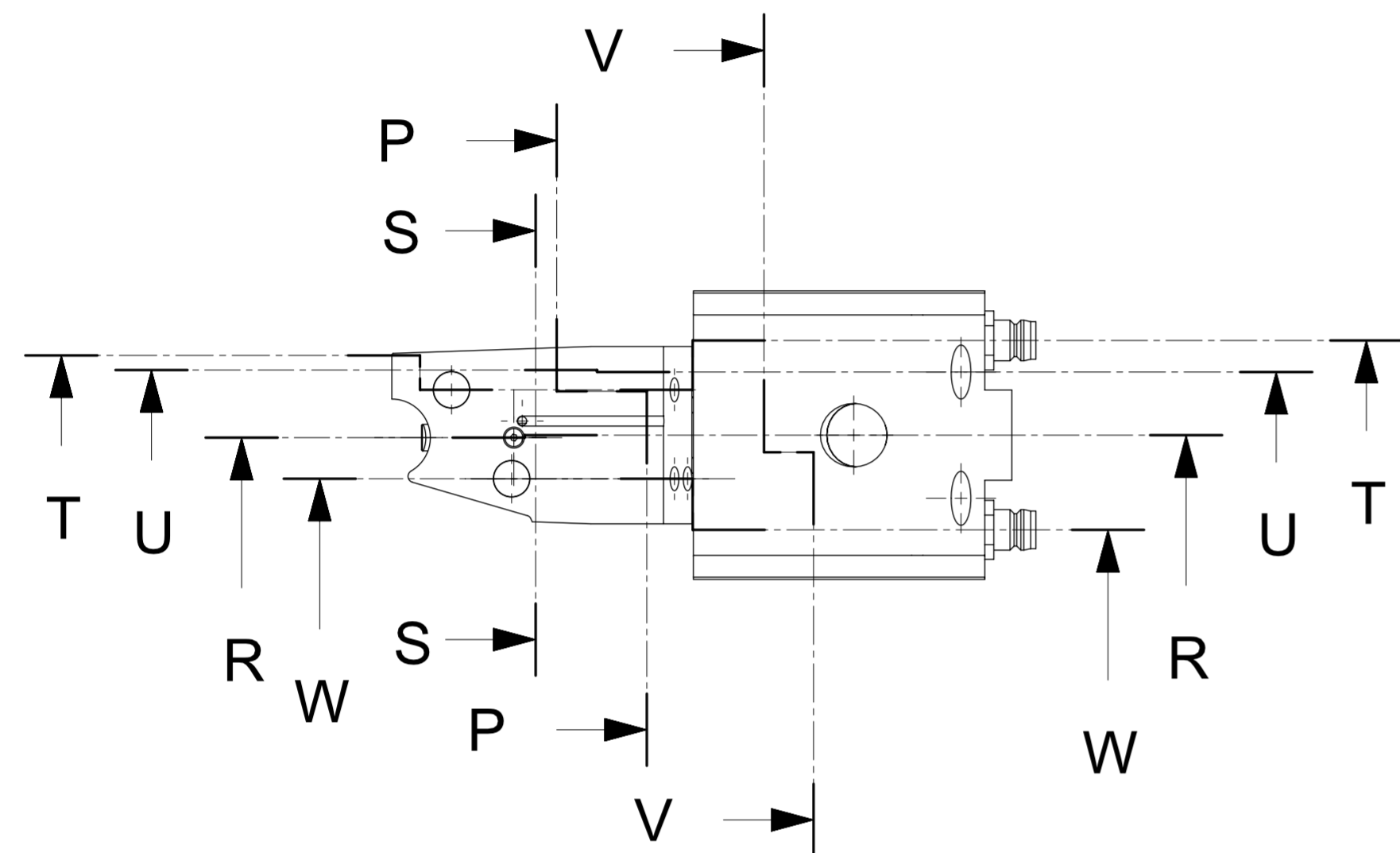


SECTION H-H




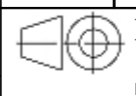
SECTION J-J

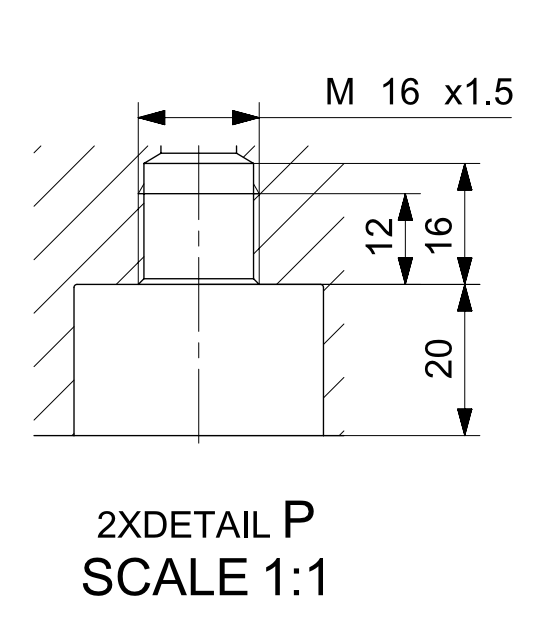
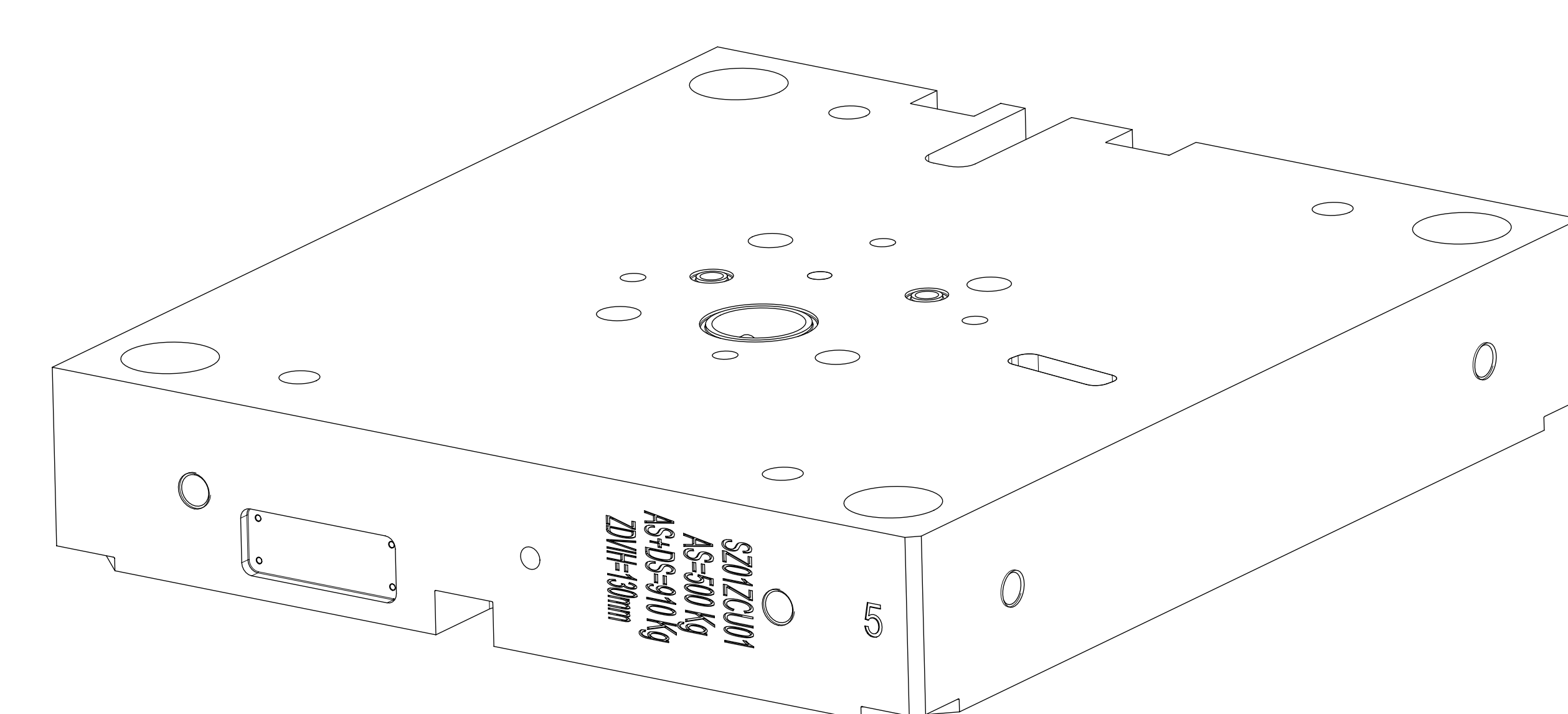
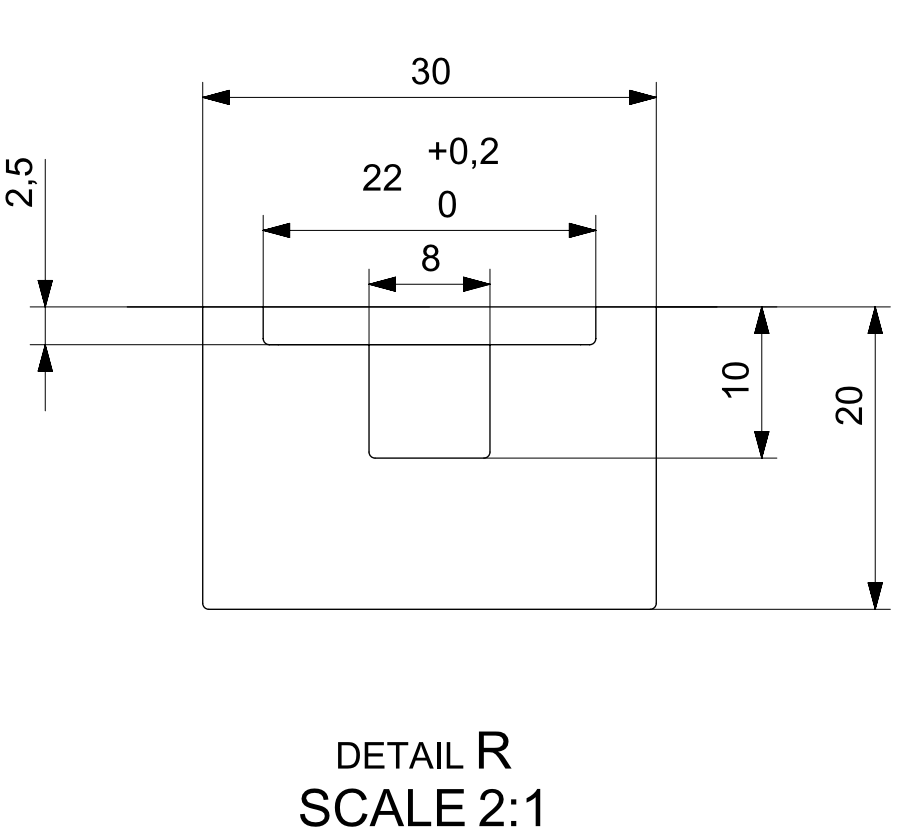
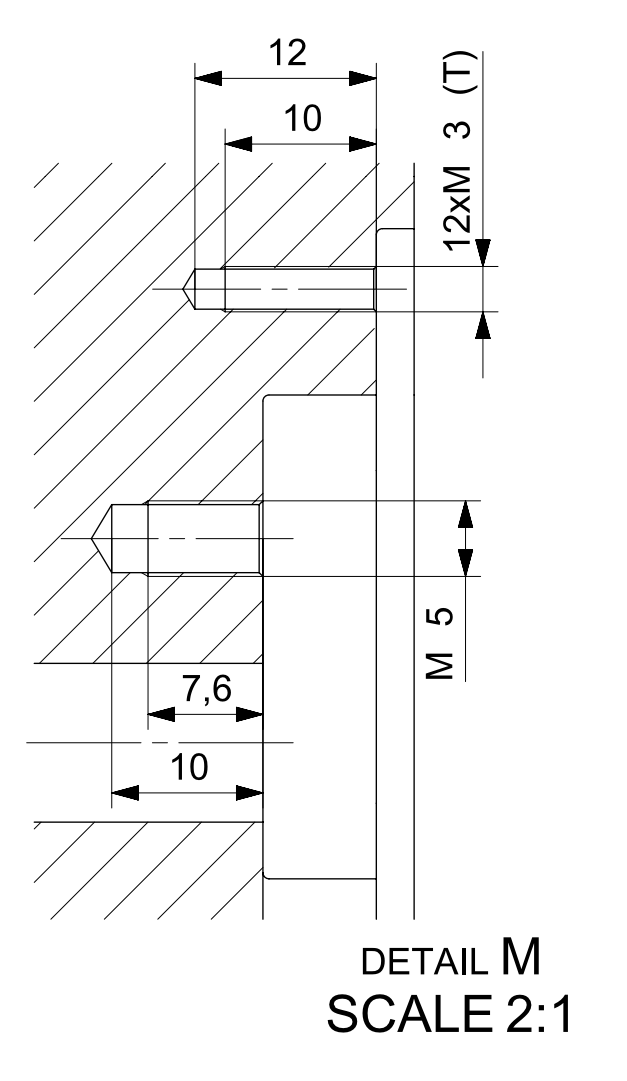
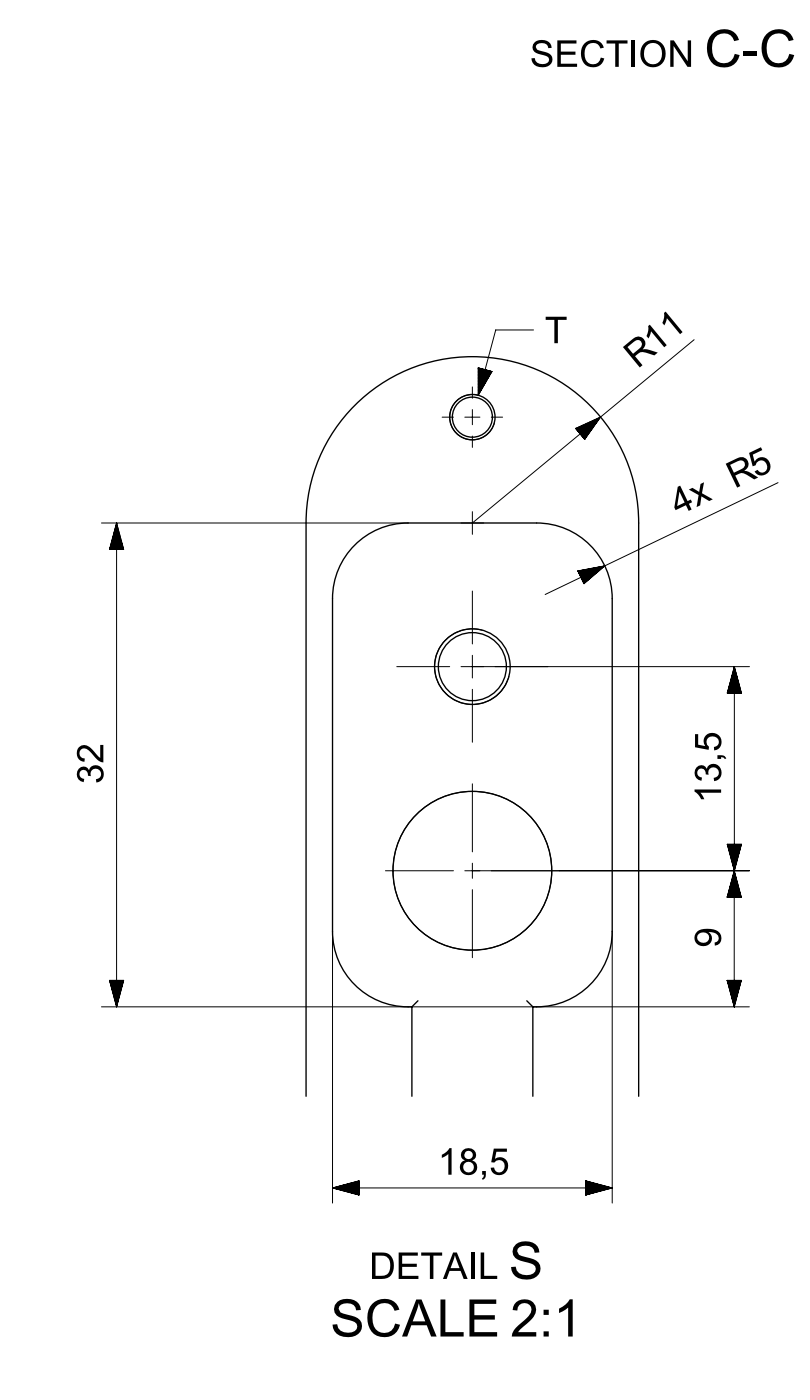
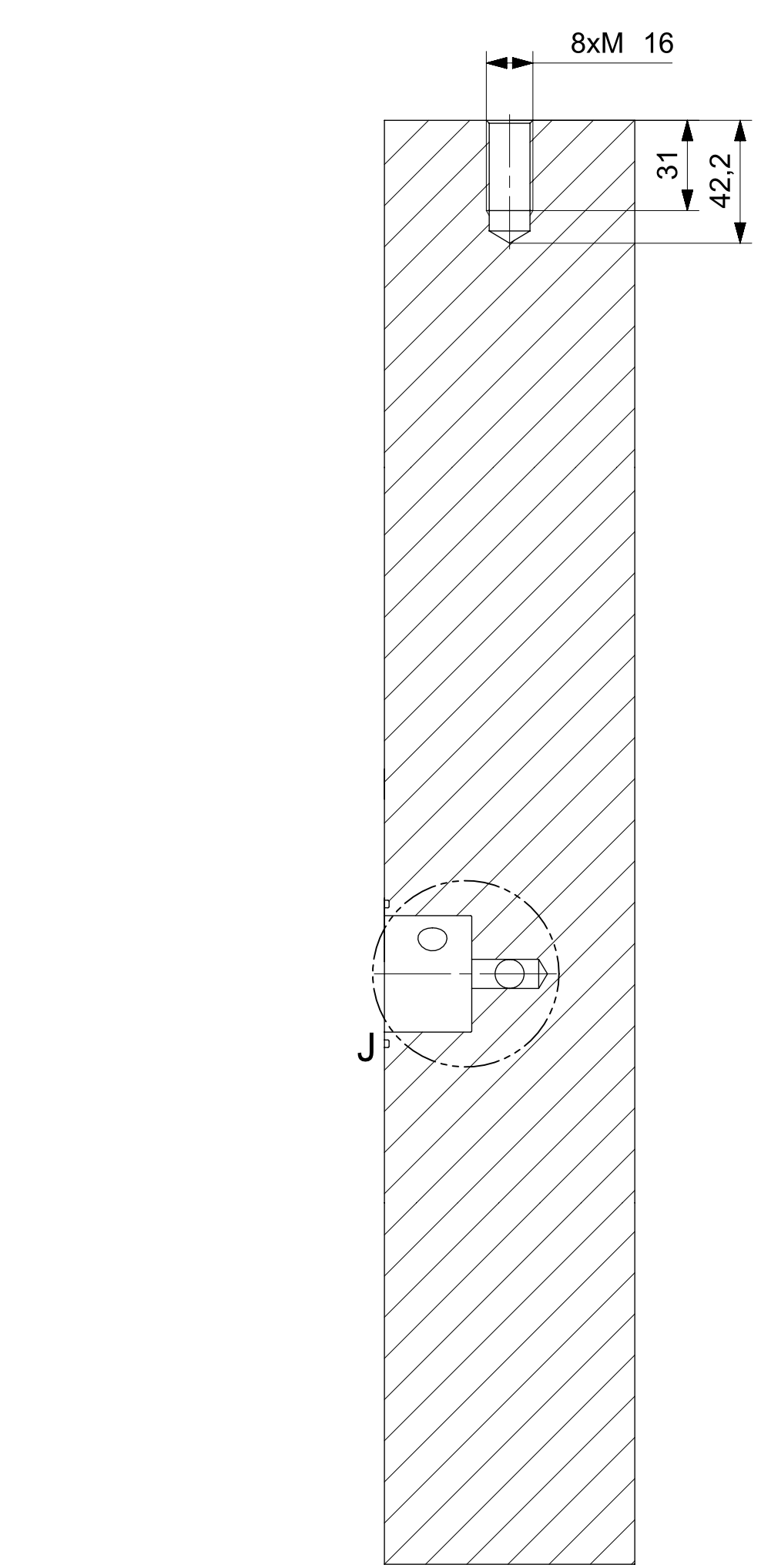
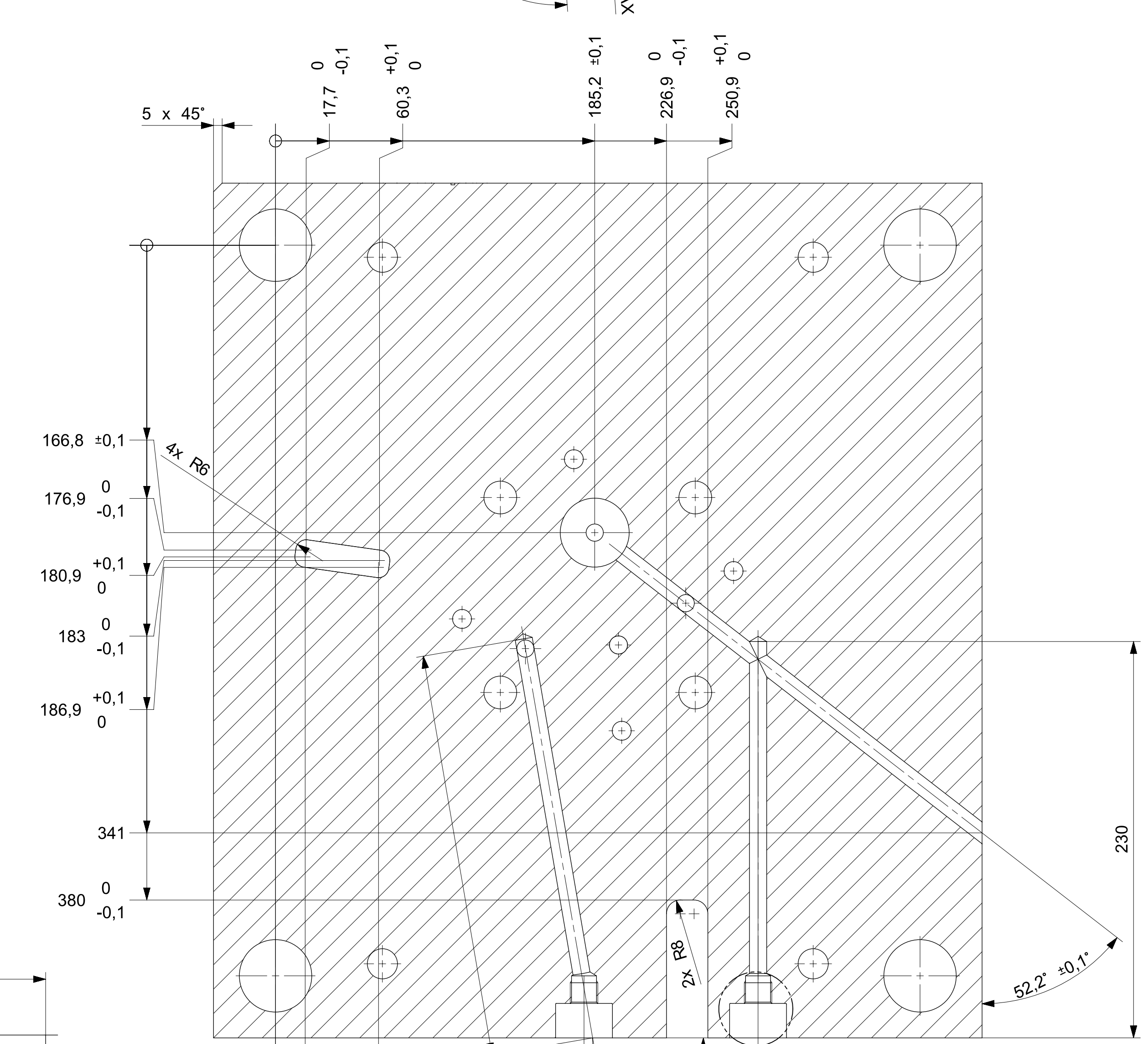
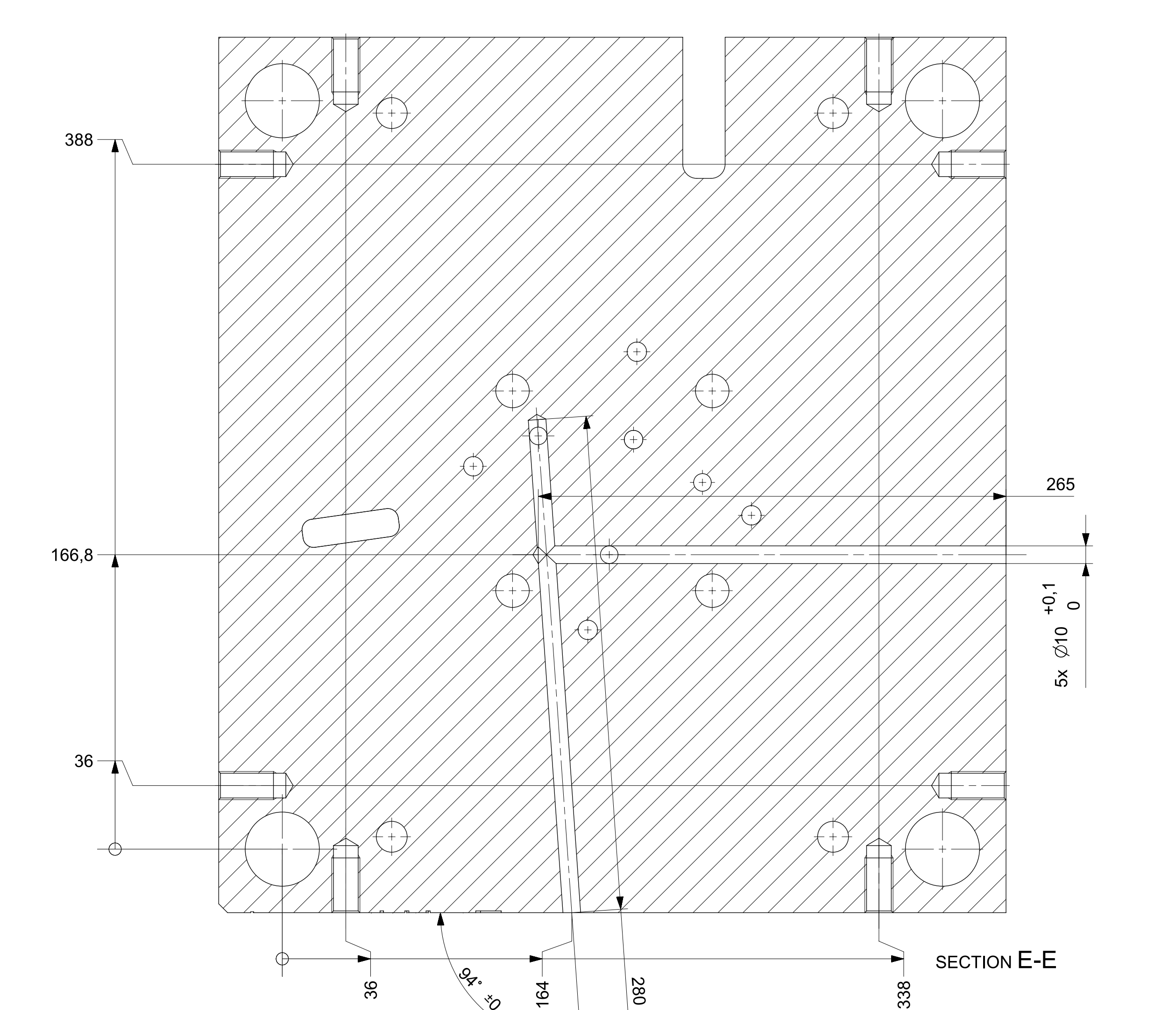
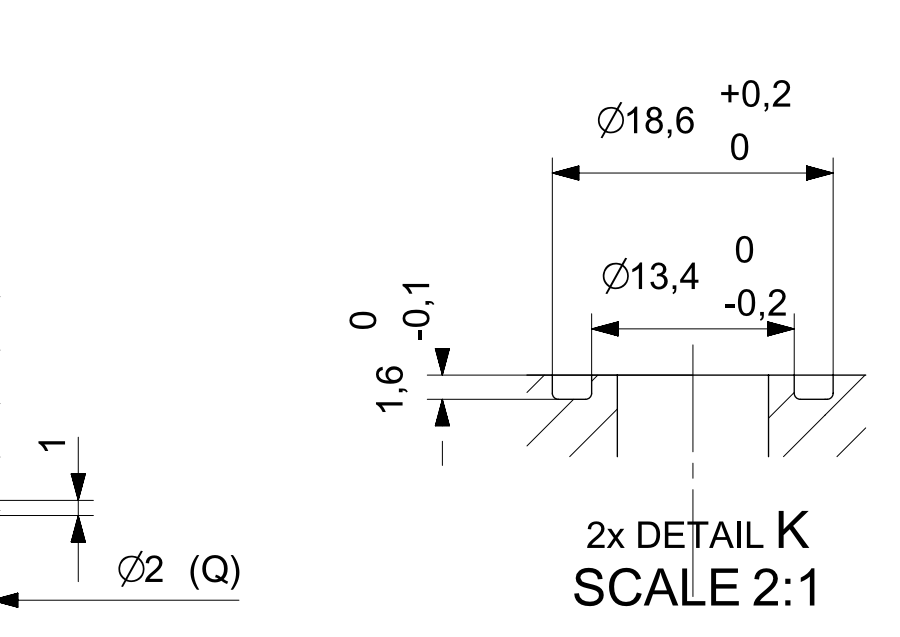
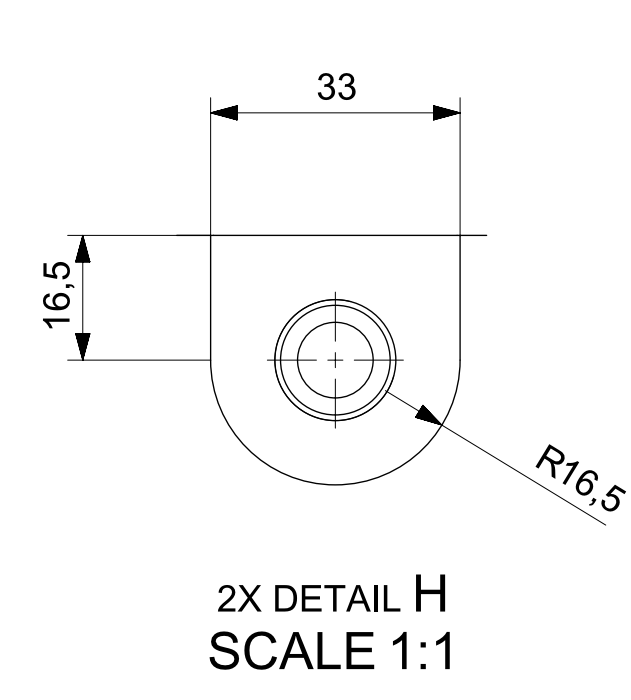
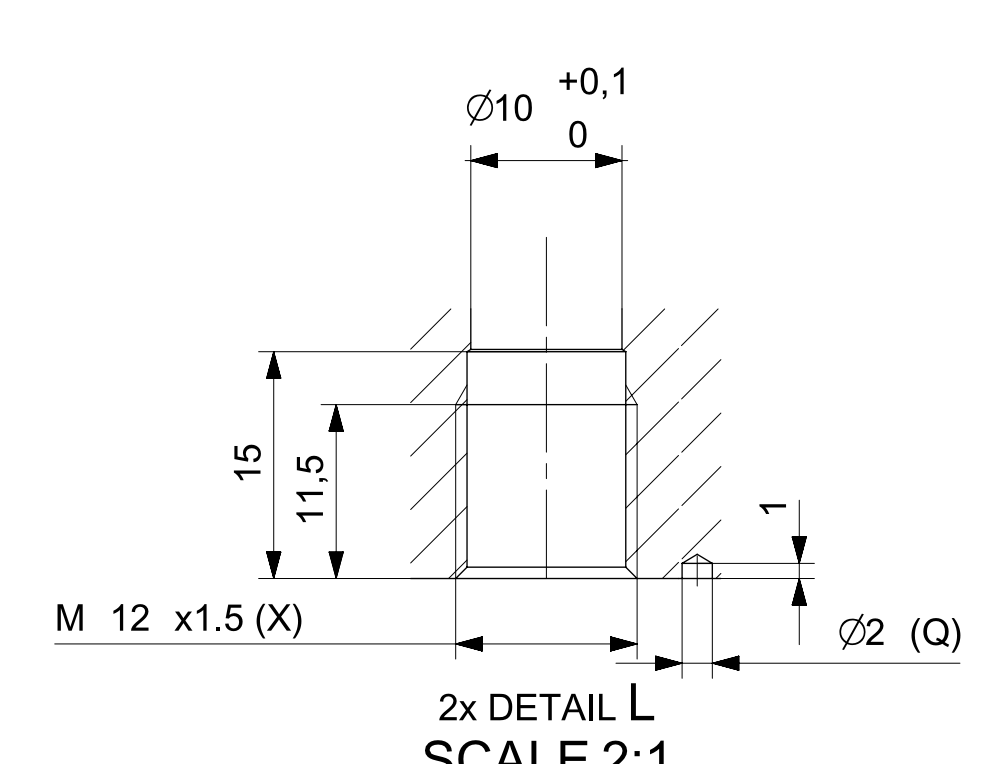
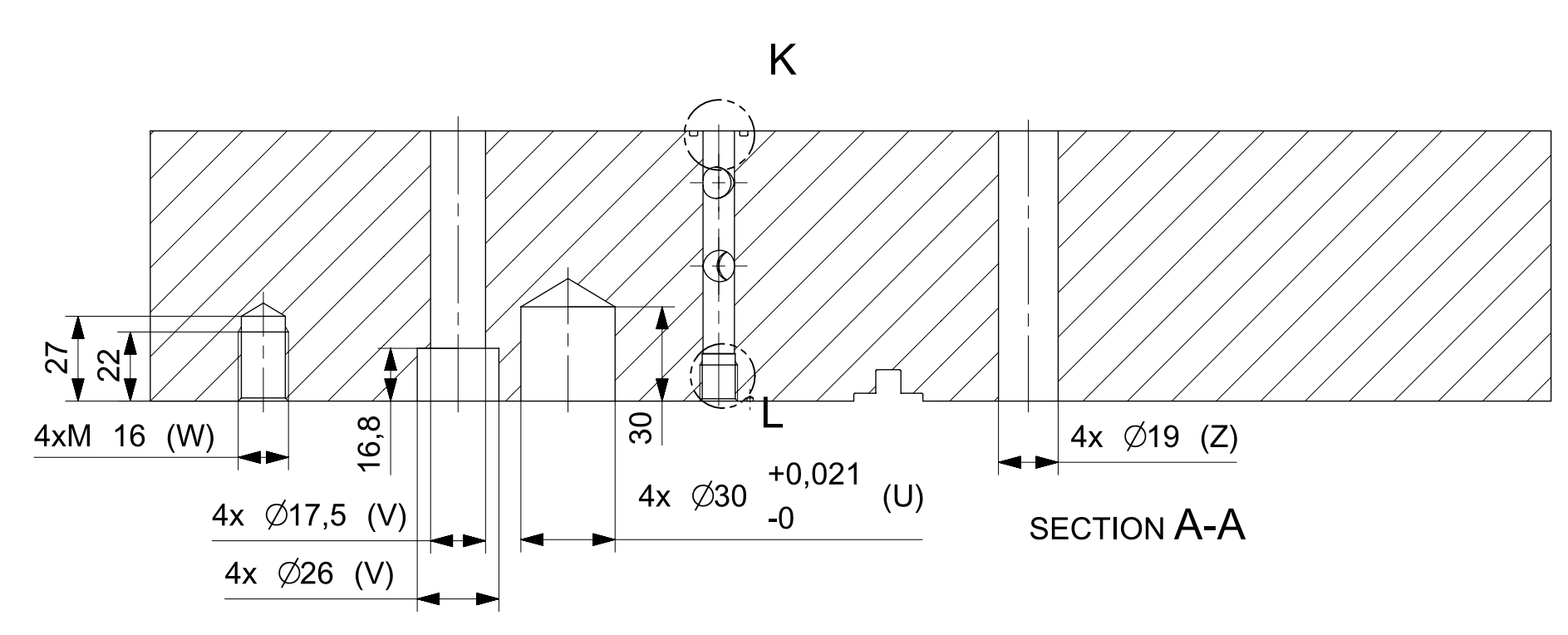
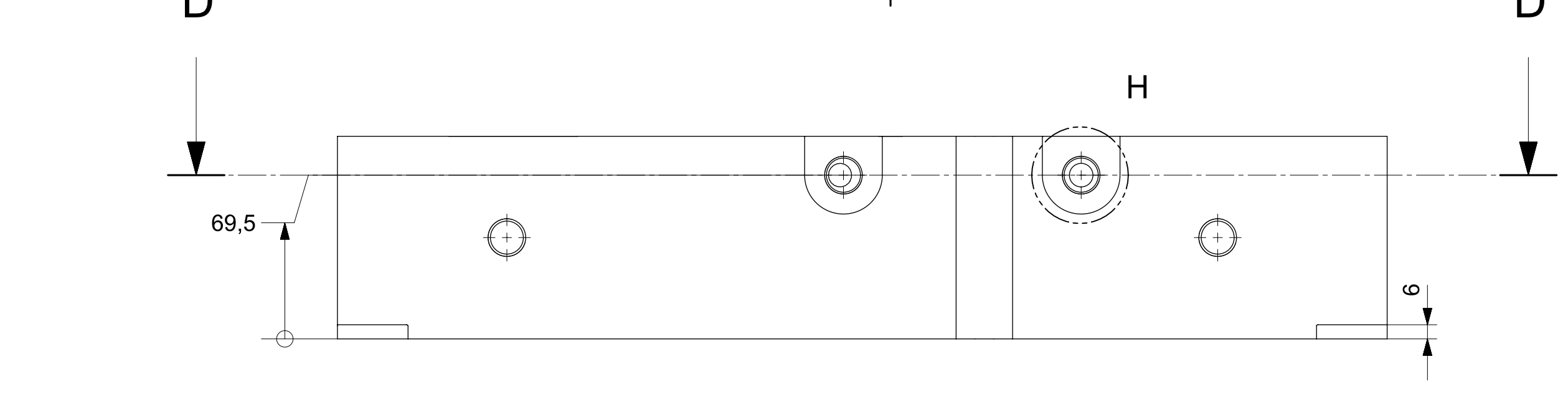
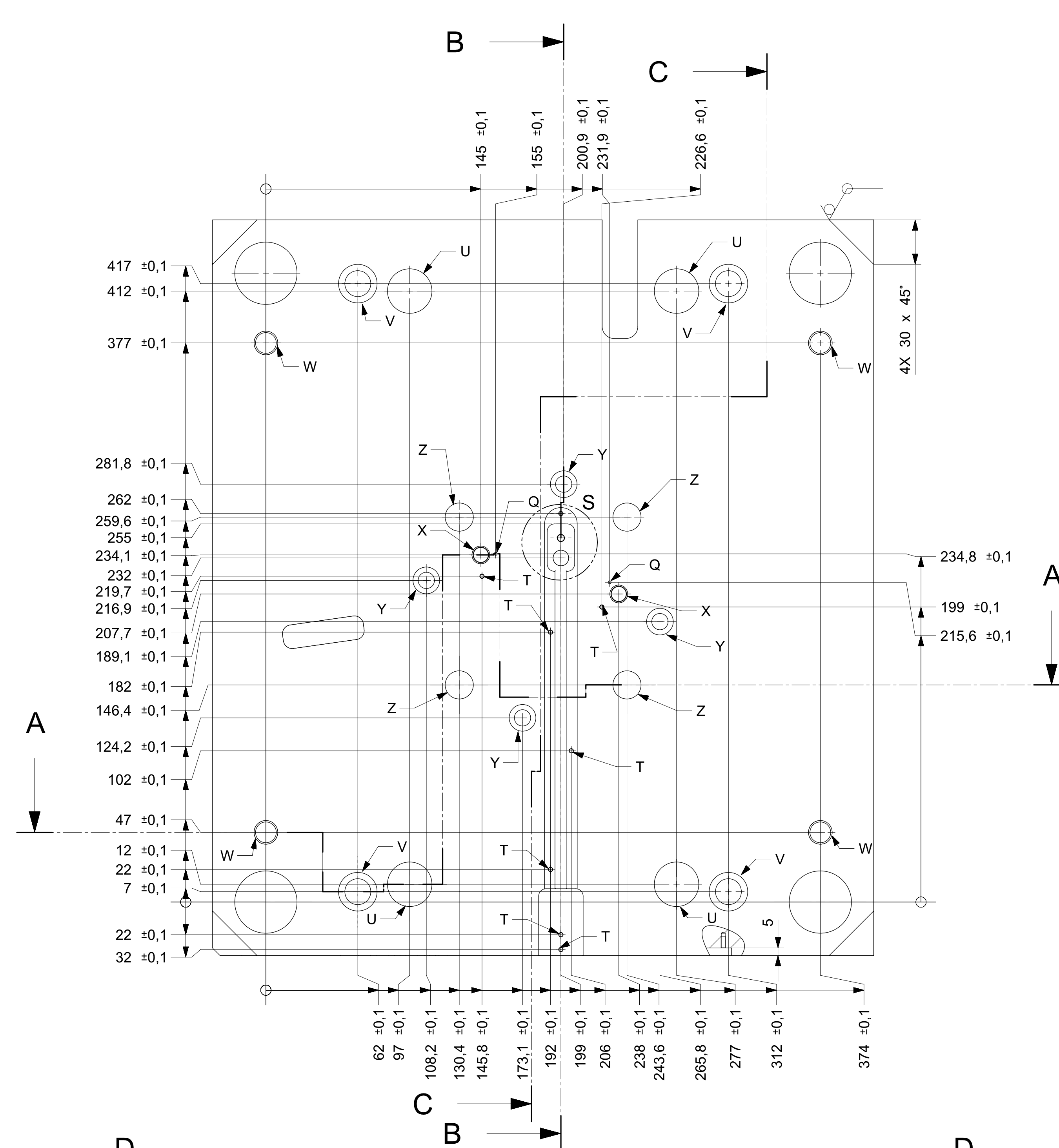
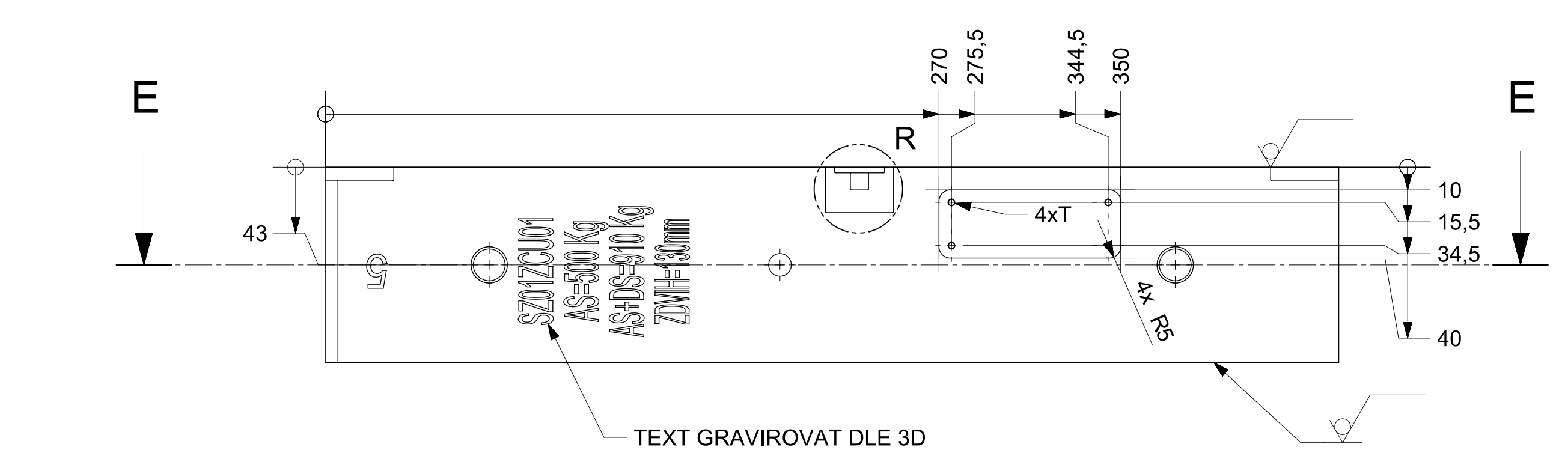
SROUBENI (POZ. 80) TESNIT TEFLONOVOU PASKOU			
Author	12.5.2014	Project Name	VOCADLO
Designer		Project	FAKULTA STROJNĚ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI
Checked by		Project No.	SZ01ZCU01
Drawn by		Project Name	VSTRIKOVACI FORMA
Approved by		Project Description	Sestava formy
Material		Scale	1:2
Material		Sheet No.	910 KG
Material		Sheet Title	PEVNA CAST VSTRIKOVACI FORMA
Material		Sheet No.	SZ01ZCU01
Material		Sheet Title	SROUBENI (POZ. 80) TESNIT TEFLONOVOU PASKOU



VSTRIKOVACI FORMA

SROUBENI (POZ. 80) TESNIT TEFLONOVOU PASKOU

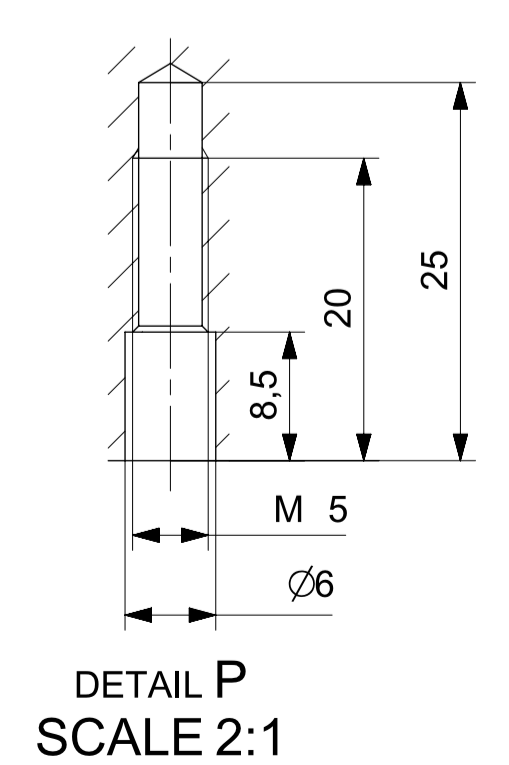
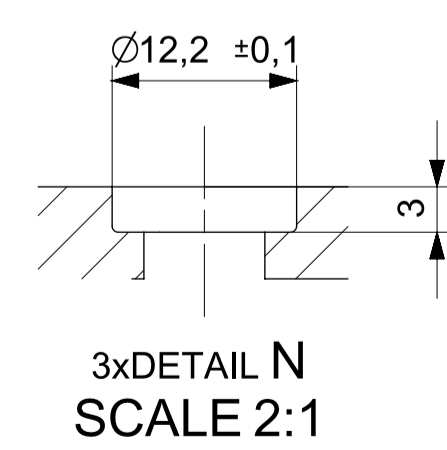
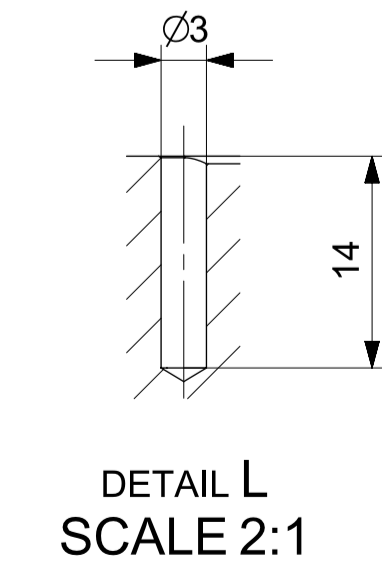
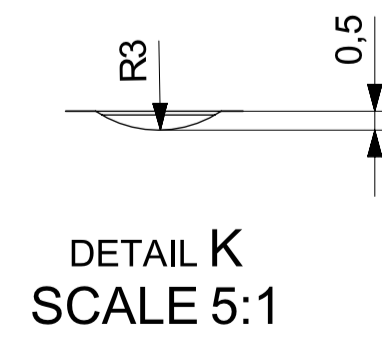
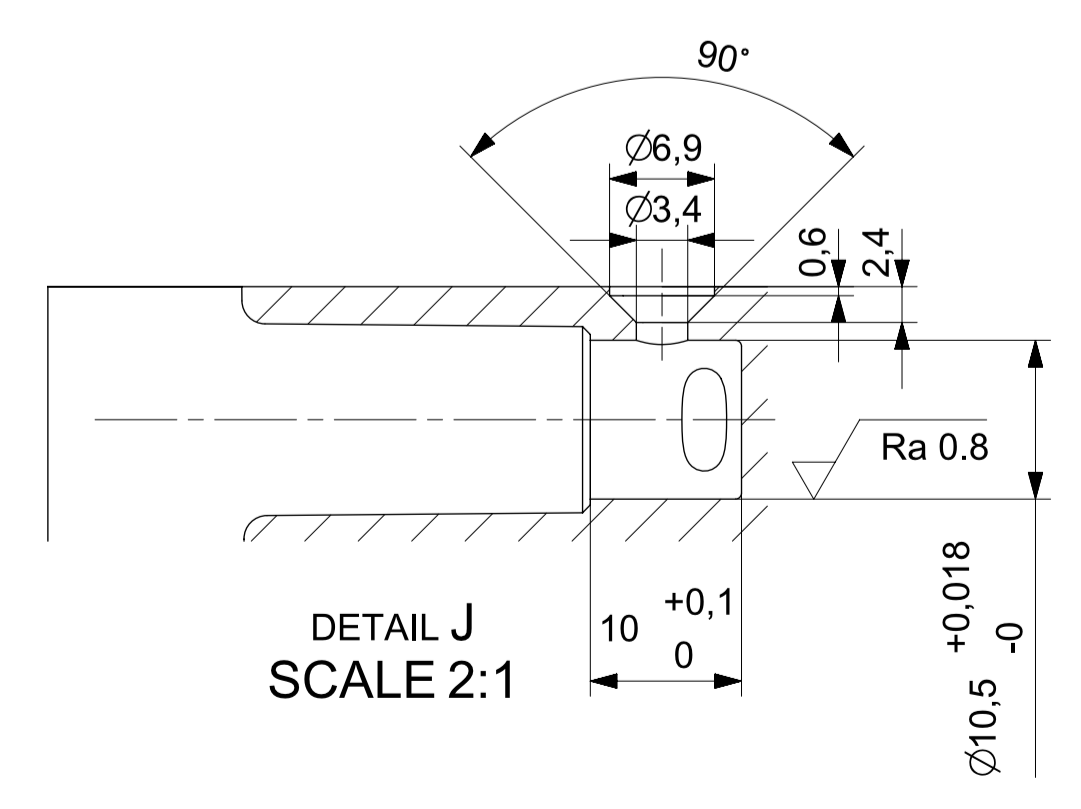
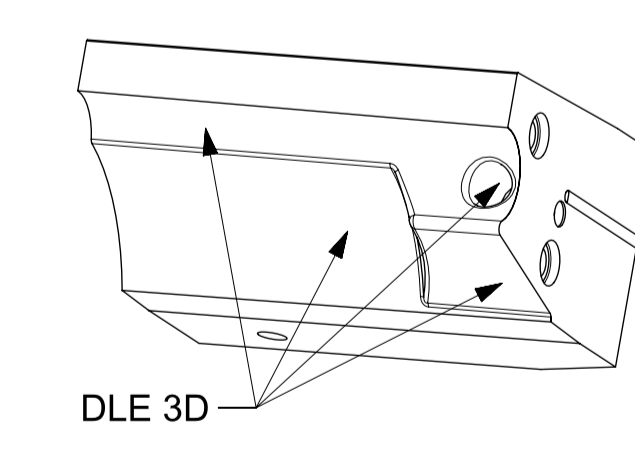
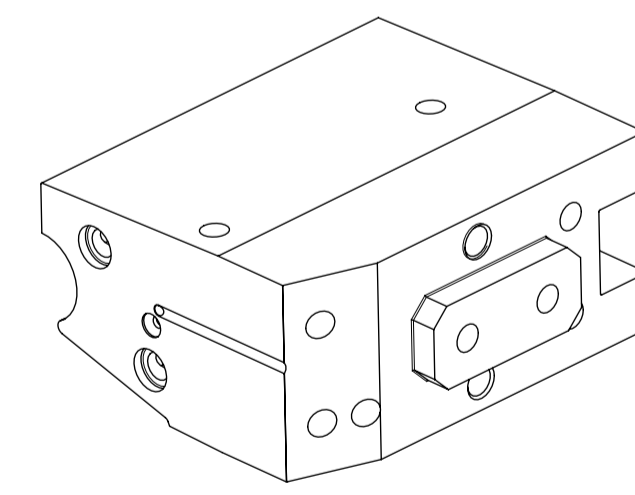
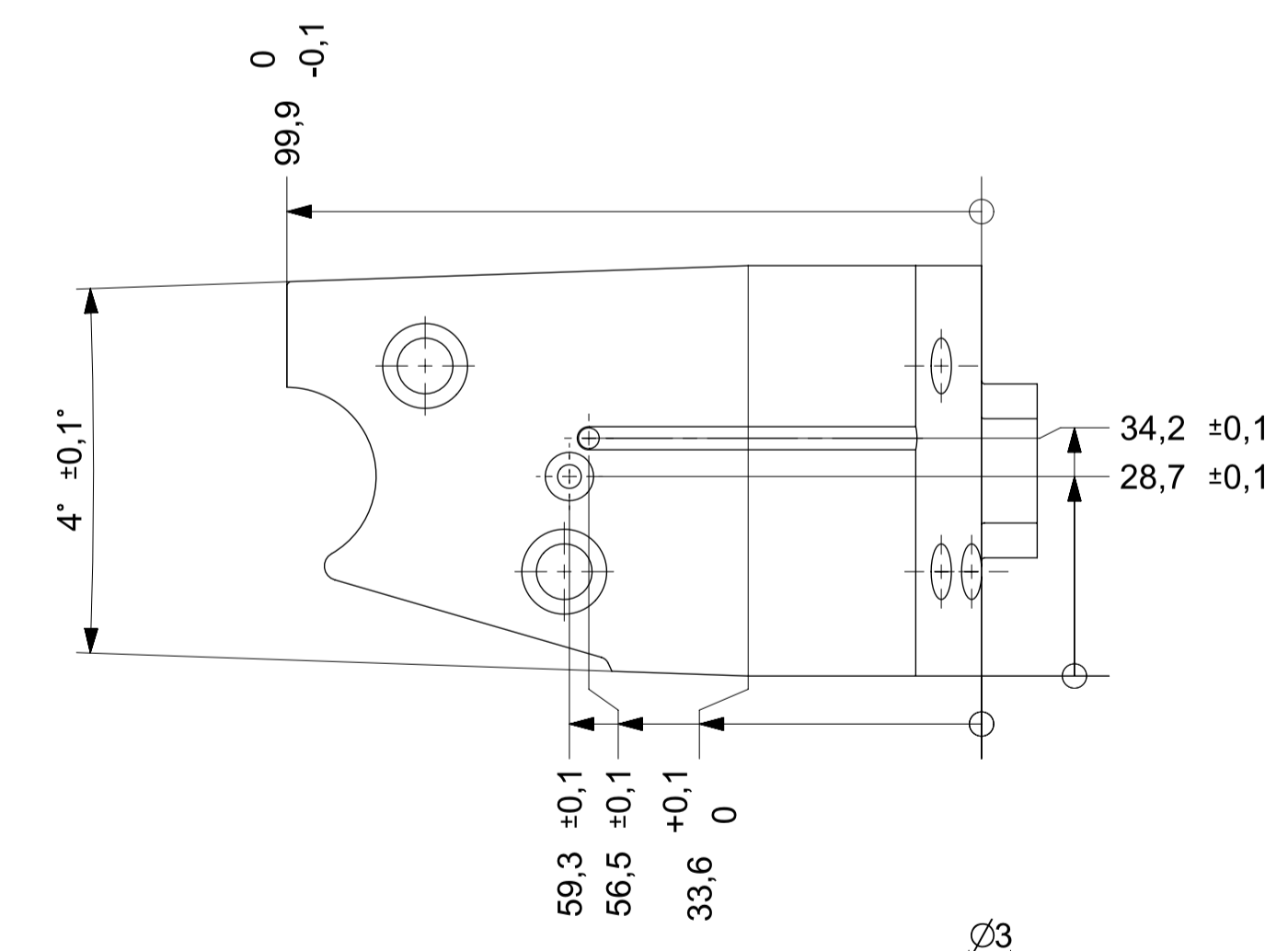
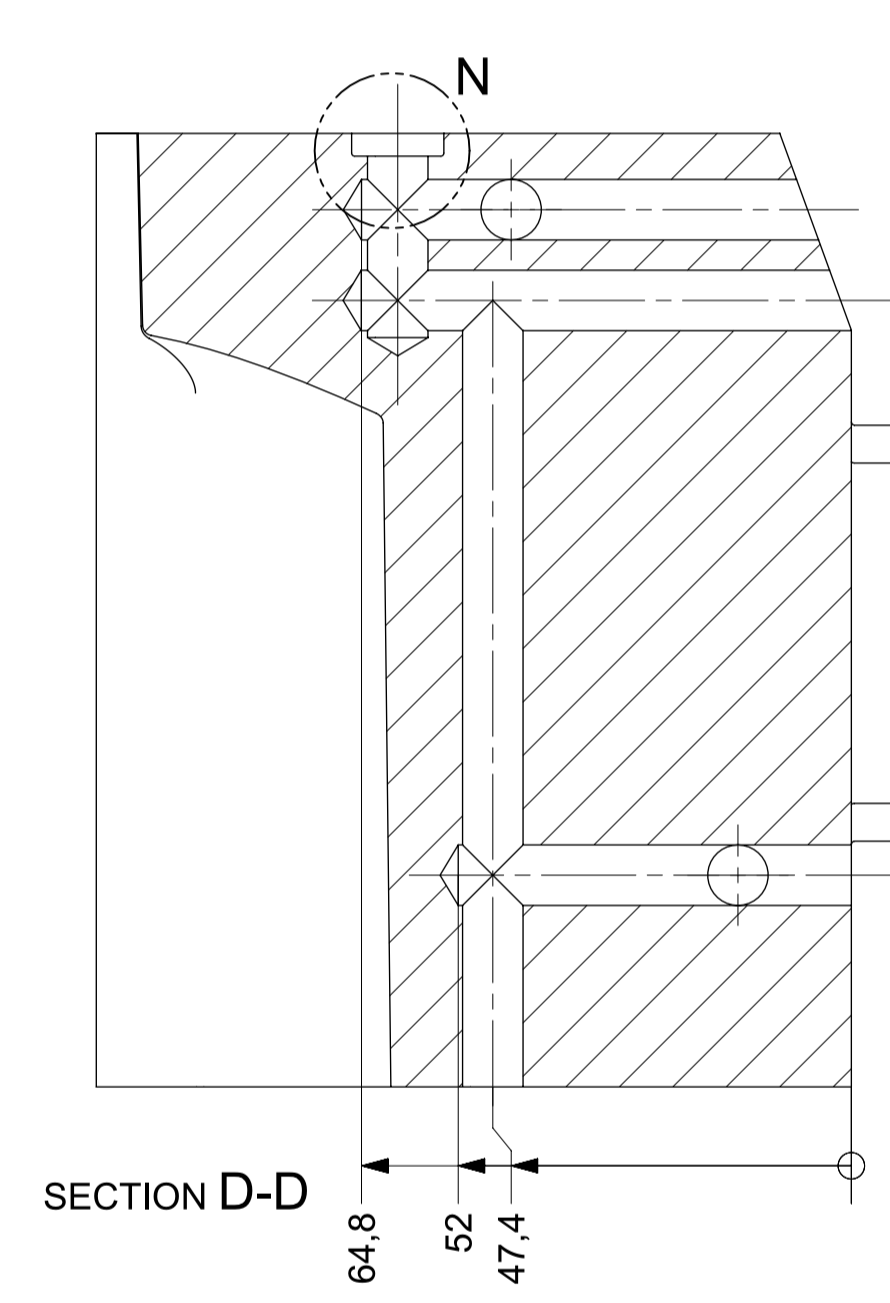
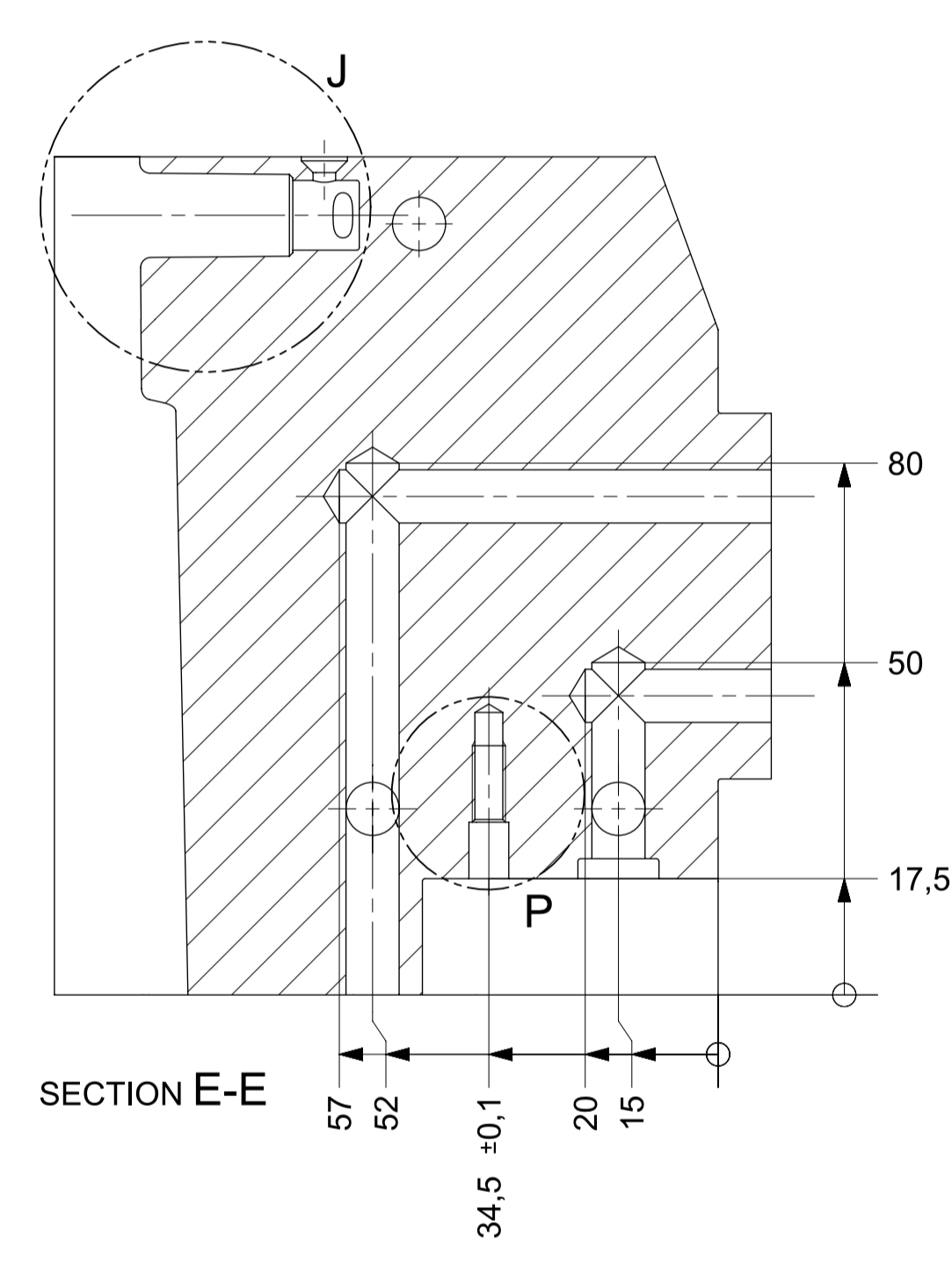
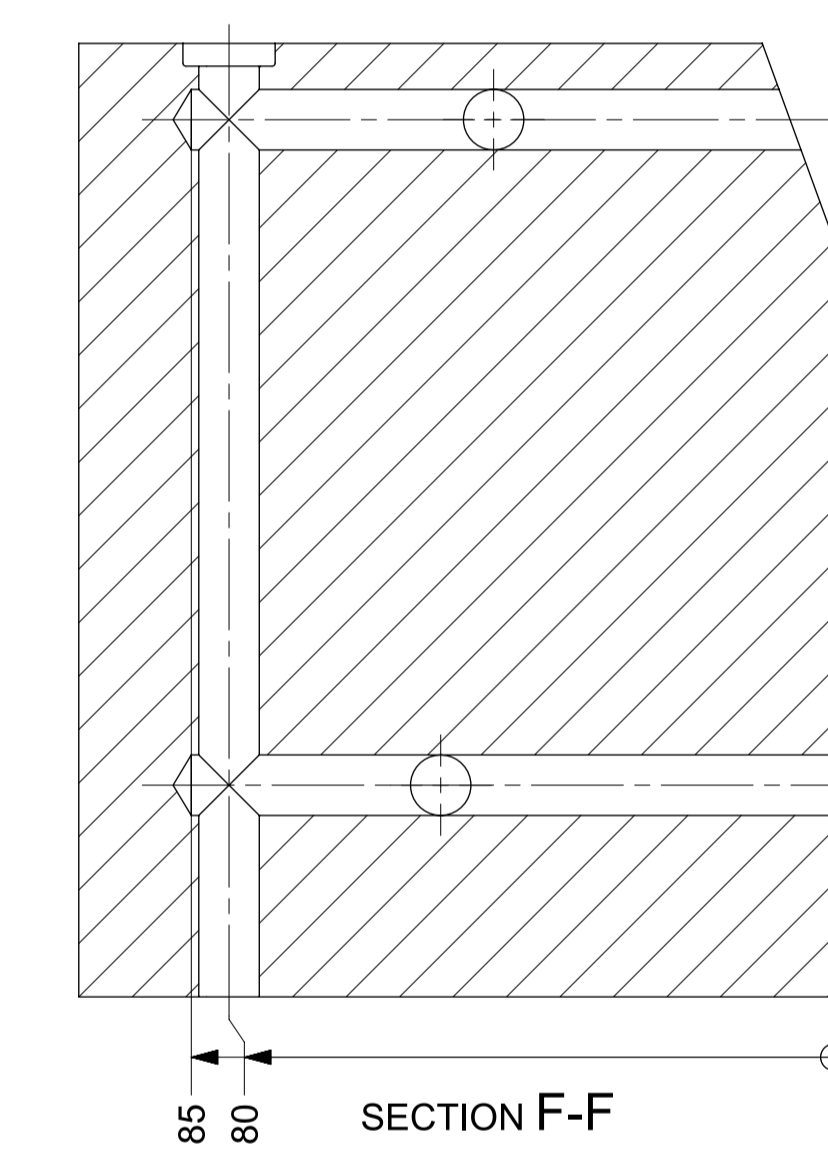
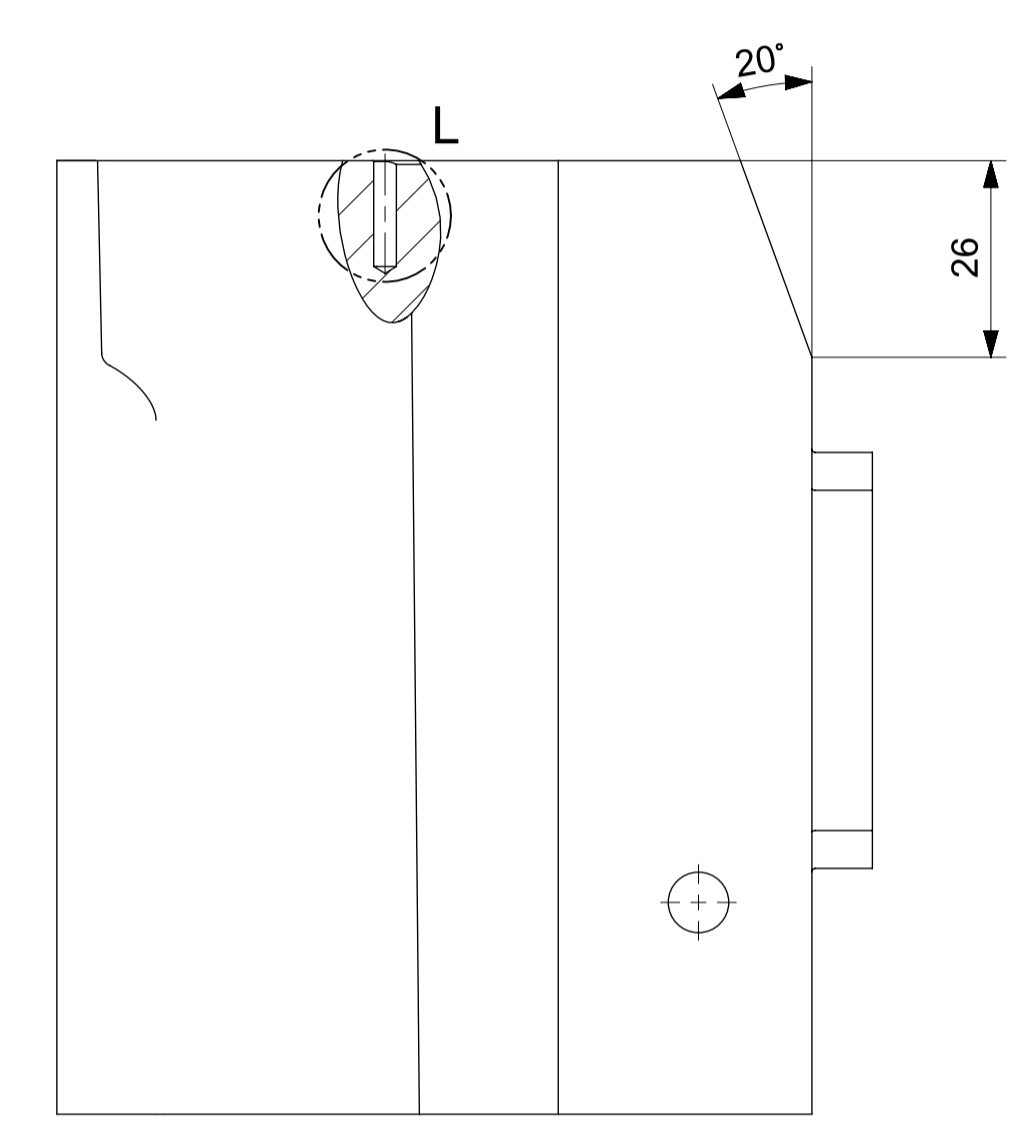
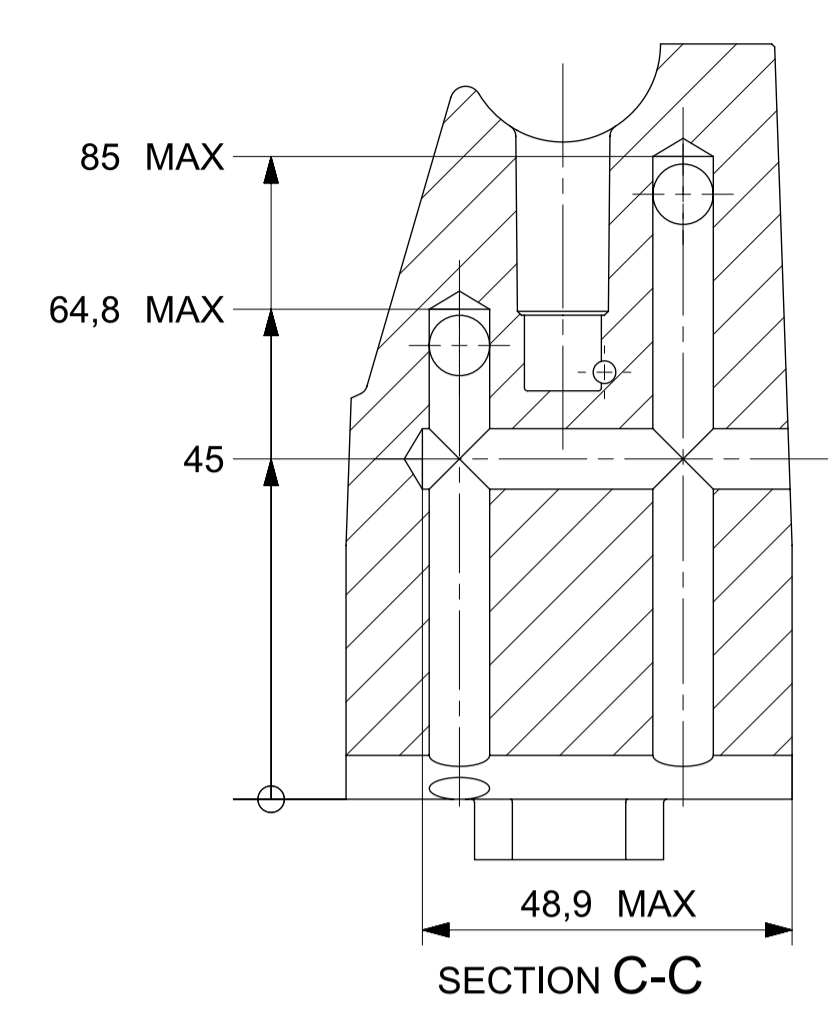
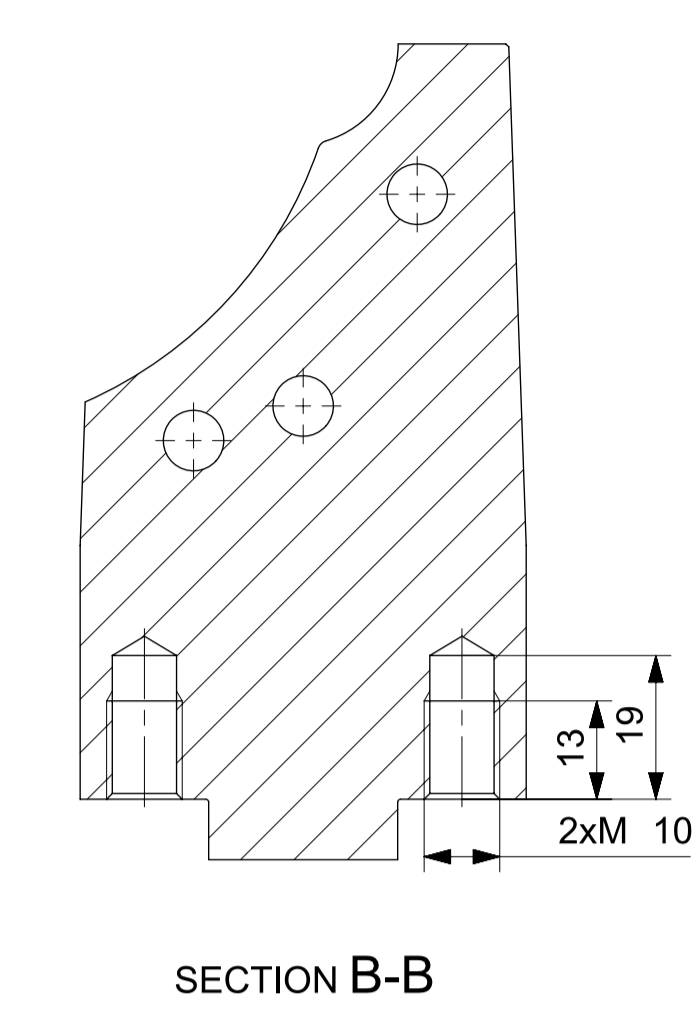
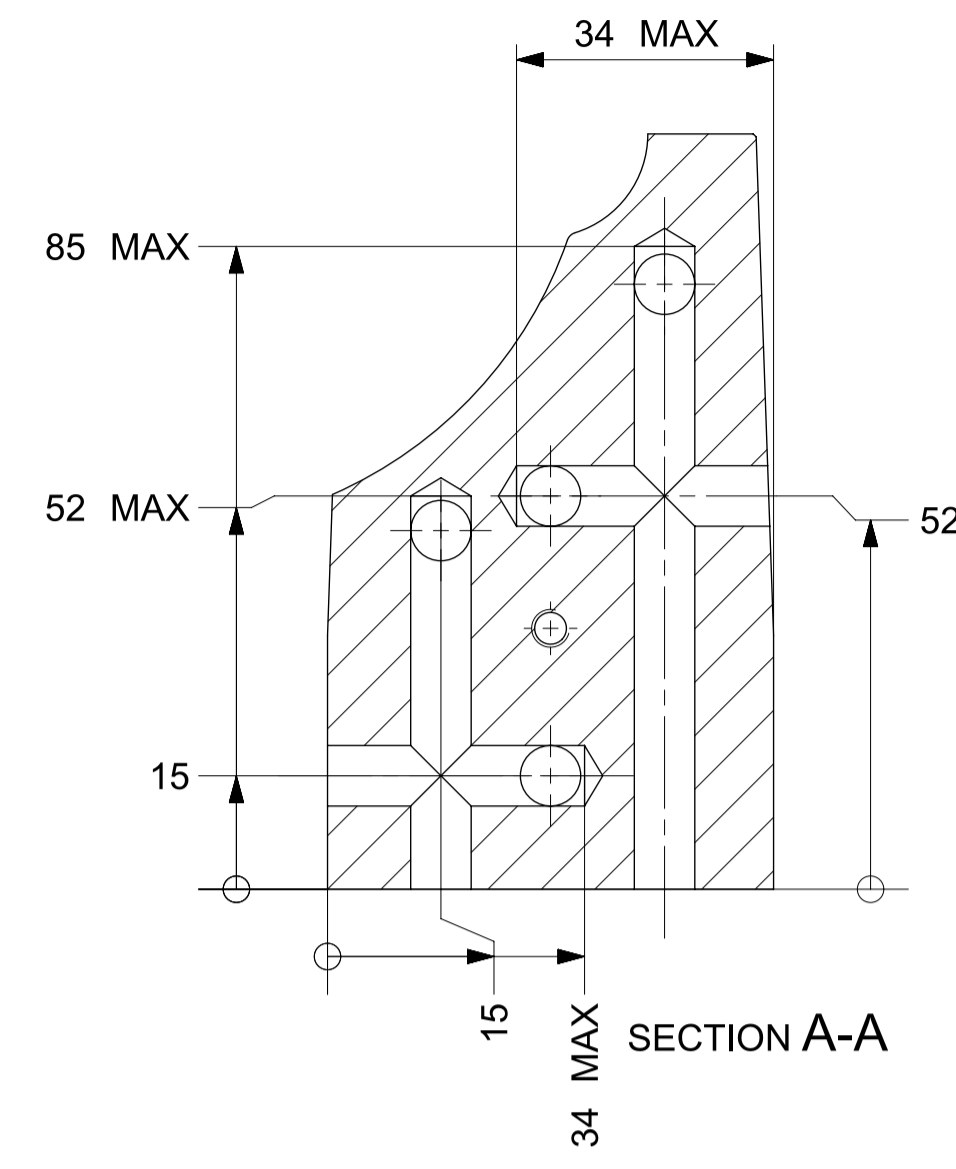
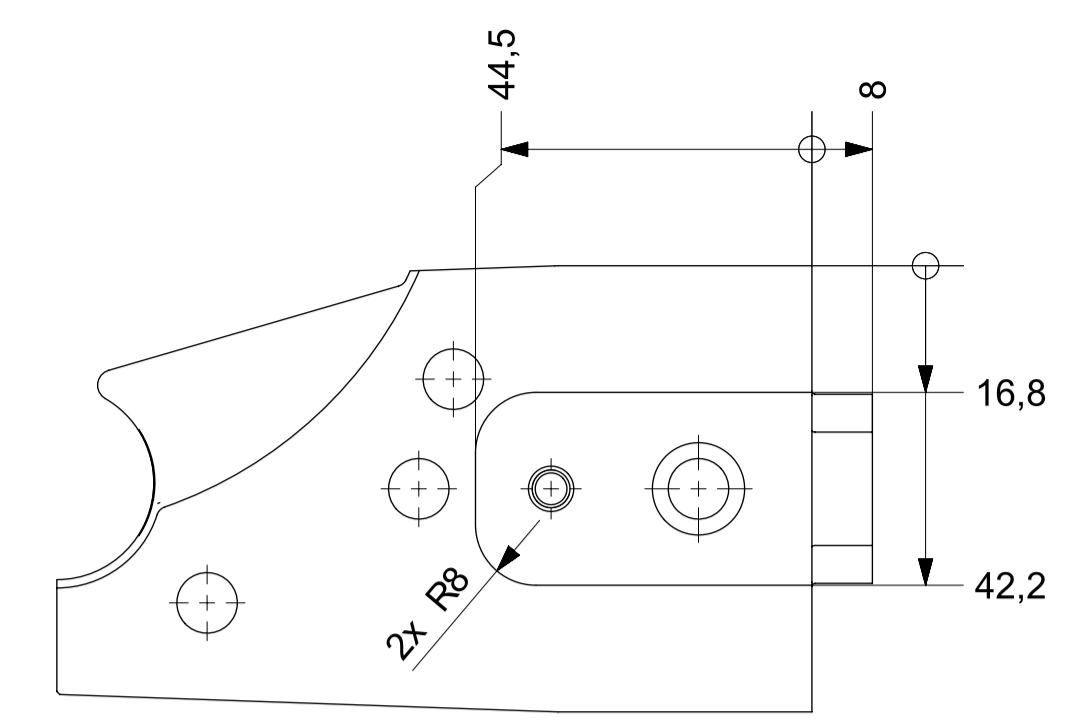
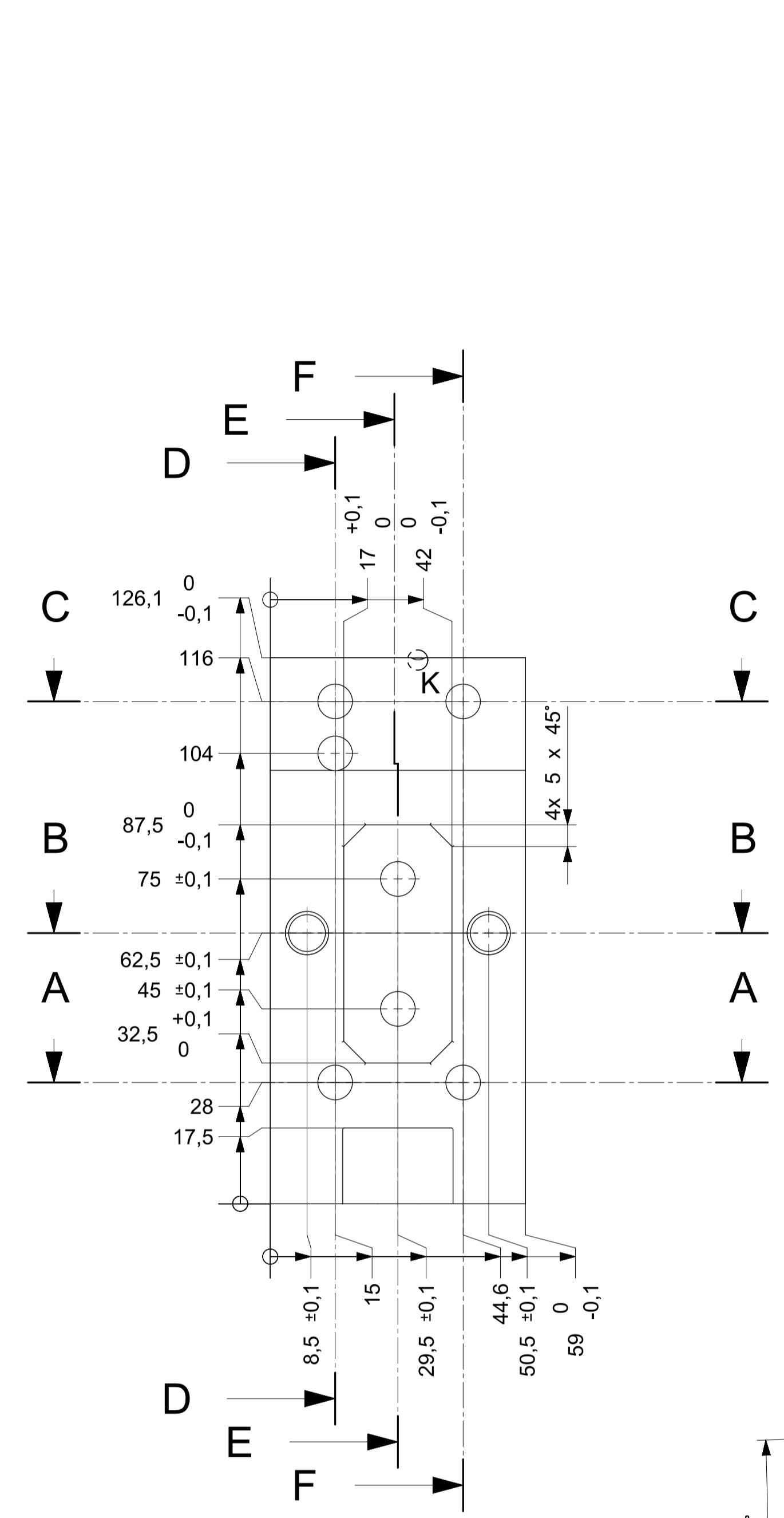
CAD 1	Datum / Date	Jmeno / Name	 FAKULTA STROJNI ZAPADOCESKE UNIVERZITY V PLZNI <small>Vsachna prava vyhrazena / All rights reserved</small>				
Kreslil / Drawn by	12.5.2014	VOCADLO					
Prezkoušel / Checked by	---	---					
Schválil / Approved by	---	---					
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schval. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznamka / Note:		
---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---		
 Tolerance / Tolerovani ISO 128 ISO 8015 ISO 2768mK	Soubor-model / ASM-file	Sestava_formy		Projekt / Project:	VSTRIKOVACI FORMA	Meritko / Scale	1:2
	Soubor-vykres / DRW-file	Sestava_formy		C.sestavy / Assembly No.	SZ01ZCU01	Format	
Nazev / Title	VELKY SUPAK VSTRIKOVACI FORMA			C.hmot.sestavy	910 KG		Rev. Cislo vykresu / Drawing No. SZ01ZCU01



NEKOTOVANA SRAZENI 0.5X45°
NEKOTOVANE RADIUSY R0.4
POPIS DESKY GRAVIROVAT DLE 3D (PRIPADNE RAZIT)

Proj. Name	F 55 /446 496/ 86/2312	Proj. No.	1,2312	138,102	-	SZ01ZCU01A001
Author	...	Editor
Check by	10.4.2014	Checked by	VOCADLO ONDREJ	FAKULTA STROJNI ZAPADOCESKE UNIVERSITY V PLZENI		
Project	DESKA_TVARNIKU_2					
Scale	1:2					
Sheet	0 SZ01ZCU01P002					
Part Name	DESKA TVARNIKU 2					

Ra 3.2 (Ra 0.8 Ra 0.4)



TVAROVE PLOCHY OBROBIT DLE 3D, DRSNOST Ra 0.4
 VRTANE KANALY Ø8+0.05
 NEKOTOVANY RADIUS R0.4
 NEKOTOVANA SRAZENI 0.4x45°

N 120 130/70/2343		MEUSBURGER	1.2343	4,146	-	SZ01ZCU01A001
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polkovar	Material	T.O.	C.zmot.	Hr.zmot.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight
Datum / Date		Jmeno / Name		Poznamka / Note		
Kresil / Drawn by	10.4.2014	VOCADLO ONDREJ		FAKULTA STROJNI ZAPADOCEKSE UNIVERZITY V PLZNI		
Projekce / Checked by				Vsechno prava vyhrazena / All rights reserved		
Schvál / Approved by						
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature		
Tolerance / Tolerovani	Soubor-model / ASMDfile	soupe1		Projekt / Project	Merkito / Scale	
ISO 128	ISO 8015 ISO 2768mk	soupe1		C sestavy / Assembly No.	SZ01ZCU01A001	
Nazev / Title	SUPAK VELKY 2			Rev.	Cislo vykresu / Drawing No.	0 SZ01ZCU01P016
				Format	A1	
				1	Pocet listu / sheets	