

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Sekací nástroj

Autor: **Petr Ovčička**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Martin Hynek, Ph.D.**

Akademický rok 2013/2014

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr OVČIČKA**
Osobní číslo: **S11B0328P**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **Konstrukce průmyslové techniky**
Název tématu: **Sekací nástroj**
Zadávající 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:

Cílem práce je vypracování konstrukčního návrhu řezného nástroje

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování konstrukčního návrhu sekacího nástroje pro zadaný díl
2. Návrh konstrukce kontrolního nástroje pro zadaný díl
3. Vypracování časového plánu konstrukce a výroby sekacího nástroje
4. Vypracování výkresové dokumentace

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

HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 1. Praha: Computer Press, 1999

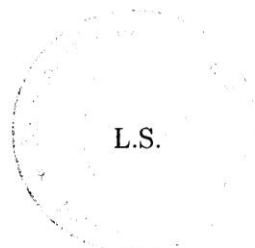
STANĚK, J., NĚMEJC, J. Metodika zpracování a úprav diplomových (bakalářských) prací. Plzeň: ZČU, 2005


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

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Martin Hýnek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Miroslav Grach**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **23. září 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. června 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 bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval mému vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Martinu Hynkovi, Ph.D. a především konzultantu Ing. Miroslavu Grachovi za jejich rady, připomínky a metodické vedení. Poděkování patří také pracovníkům z virtuálního prototypingu za jejich rady s programem NX. Dále bych chtěl velice poděkovat mé rodině za podporu při studiu, nejvíce mé přítelkyni Michaelae.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Ovčička	Jméno Petr		
STUDIJNÍ OBOR	B2341 „Konstrukce průmyslové techniky“			
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	Jméno Martin		
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS			
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte	
NÁZEV PRÁCE	Sekací nástroj			

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	88	TEXTOVÁ ČÁST	39	GRAFICKÁ ČÁST	49
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Bakalářská práce obsahuje vypracování konstrukčního návrhu sekacího nástroje pro zadaný díl. Dále obsahuje návrh konstrukce kontrolního nástroje pro tentýž zadaný díl a vypracovává časový plán konstrukce a výroby sekacího nástroje. Součástí bakalářské práce je vypracovaná výkresová dokumentace.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">sekací nástroj, pinčovací nástroj, CAD, NX, konstrukce, kontrola, lisování, časový plán</p>

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Ovčička	Name Petr	
FIELD OF STUDY	B2341 “Design of Manufacturing Machines“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Hynek, Ph.D.	Name Martin	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Cutting tool		

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

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	88	TEXT PART	39	GRAPHICAL PART	49
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The bachelor thesis consists of the design of the cutting tool and of the control tool for an assigned part. It also includes the timetable for the design and production of considered cutting tool.</p> <p>The drawing documentation is a part of thesis.</p>
KEY WORDS	cutting tool, pinch tool, CAD, NX, construction, control, pressing, time schedule

Obsah

1	Zkratky a symboly	3
2	Zadávací list	4
3	Úvod.....	8
4	Popis funkce pinčovacího nástroje.....	8
5	Volba materiálu nástroje	8
6	Tvorba tvarů nástroje	9
6.1	Nástrojové plochy.....	9
6.2	Popis nástroje.....	9
7	Prvky pinčovacího nástroje.....	12
7.1	Pinčovací hrana.....	12
7.2	Středění.....	14
7.3	Ochrana pinčovací hrany	15
7.3.1	Doraz dolní.....	16
7.3.2	Doraz horní.....	16
7.4	Usazení polotovaru	17
7.5	Návrh topné soustavy	18
7.5.1	Varianty proudění topení.....	20
7.5.2	Řešení výroby.....	23
7.5.3	Části topné soustavy.....	23
7.6	Izolace nástroje	25
7.7	Ochrana izolace	25
7.8	Upínací systém	26
7.8.1	Analytický výpočet šroubového spojení	27
7.9	Transport.....	29
8	Kontrola vyrobeného dílu	32
8.1	Kontrolní deska.....	32
8.2	Ostatní části kontrolního nástroje	34
9	Závěr	36
	Použitá literatura	37
	Elektronické zdroje	37
	Seznam obrázků	38
	Seznam tabulek	39

Seznam rovnic	39
Seznam příloh.....	39

1 Zkratky a symboly

Poz.	Poznámka
Tzv.	Takzvaný
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
DIN	Deutsche Industrie-Norm (Německá technická norma)
CAD	Computer aided design (Počítačová podpora konstruování)
stp	Modelový formát
σ	Označení normálového napětí
τ	Označení tečného napětí
p_D	Označení dovoleného tlaku
$^{\circ}\text{C}$	Jednotka teploty
HRC	Jednotka tvrdosti
mm	Jednotka délky
$^{\circ}$	Jednotka úhlu
MPa	Jednotka tlaku
N	Jednotka síly
G3/4“	Označení trubkového závitu v palcích (1“=25,4mm)
kg	Jednotka hmotnosti
kg/m^3	Jednotka hustoty
KKS	Katedra konstruování strojů
FST	Fakulta strojní
ZČU	Západočeská univerzita v Plzni

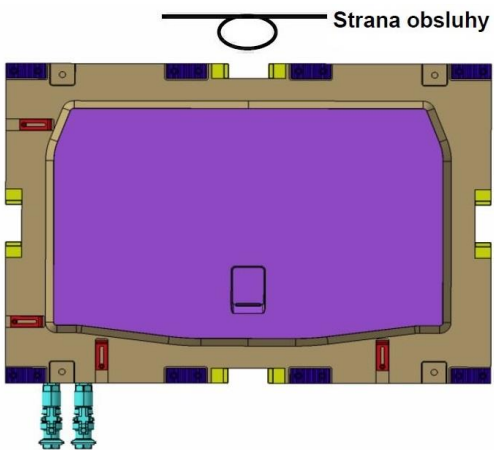
2 Zadávací list

ZADÁNÍ KONSTRUKCE / LASTENHEFT / TECHNICAL SPECIFICATIONS			
Zákazník / Kunde / Customer	ZČU		
Název / Benennung / Description	PINČOVACÍ LISOVACÍ NÁSTROJ / PRESSWERKZEUG / PRESSING TOOL		
Číslo dílu / Teil Nr. / Part No.	KA0203007		
Prostředky k podpoře / Beigestellte Hilfsmittel / Means of support	CAD - DATA		
Zakázka č. / Auftrags Nr. / Contract Nr.	KA03.09	Aktuální vstupní data / Dateneingang / Last data input:	1.10.2013

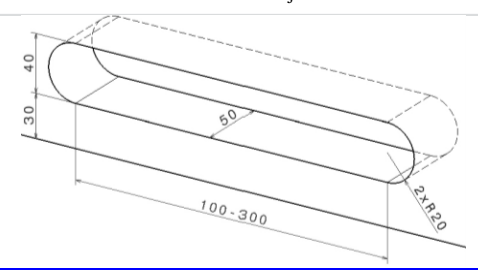
POTŘEBNÉ NÁSTROJE/ WERKZEUG-BEDARF / NECESSARY TOOLS				
Objednací č. / Auftr.Nr. / Pos.Nr.	Popis / Benennung / Description	Množství / Stück / Quantity	Typ - konstrukce / Art - Ausführung / Type - Construction	Termín dodání / Lieferdatum / Delivery-date
X	Pinč. nástroj / pinch press. tool	1	fréz. z nástr. oceli / milled from tool steel	25.6.2014
X	Kontrol. nástroj / control tool	1	umělé dřevo / synthetic wood	25.6.2014

Protokoly o zkouškách + měřicí protokoly pro: / Prüfprotokolle + Messprotokolle für: / Test reports + Measurement Protocols for:	Kontrolní nástroje / Lehre / Templates		
	Díly / Modelle / Models		
	Formy / Formwerkzeuge / Moulds		
	Rezné nástroje / Schneidwerkzeuge / Cutting tool		
	Uložiště / Aufbewahrungsort / Storage	Datum	
Pracovní podklady / Arbeitsgrundlage / Working basis	Dodavatel / Lieferant / Supplier		
Výkresy nástroje / Werkzeugzeichnungen / Tool drawings		X	
CAD-data pro nástroje / CAD-Daten für Werkzeug / CAD-data for tools		X	

Zpracování uvádí: / Bearbeitungsstände: / Processing states:		
Identifikace / Kennzeichnung / Identification	Setkání účastníků / Besprechungsteilnehmer / Meeting attendees	Datum

Poz.	Název / Benennung / Description	Typ - Poznámky / Ausführung - Bemerkung / Type - Remark			
1	Proces / Prozeß / Process	X	Lisování / Pressen / Pressing		
			Laminování / Kaschieren / Laminating		
		X	Odsékávání / Pinchen / Pinching		
			Řezání / Beschneiden / Cutting		
2	Materiál výrobku / Werkstoff des Produkts / Material of product	PROPYLAT			
3	Materiál nástroje / Werkstoff d. Werkzeugs / Material of tool	19520			
4	Vrchní forma / Oberform / Upper mould		Viditelná strana / Sichtseite / visible side		
		X	Neviditelná strana / Blechseite / non-visible side		
	Velikost výrobku / Produktgröße / Dimensions of product	Délka / Länge / length [mm] X	970		
		Šířka / Breite / width [mm] Y	620		
		Výška / Höhe / height [mm] Z	12		
7	Rozměr materiálů / Zuschnittgröße / Material dimensions	Délka / Länge / length [mm] X	1100		
		Šířka / Breite / width [mm] Y	800		
8	Postavení nástroje / Presslage / Position in tool		Umístění v souř. systému / Netzlage / Position in tool according to X, Y, Z-lines		
			dle X,Y,Z os / zur Netzlage / to X, Y, Z-lines		
LAYOUT nástroje / Werkzeug - LAYOUT / Tool - LAYOUT					
					
9	Řezné (Pinčovací) hrany / Beschnitt (Pinchkanten) / Cut (Pinch) edges	X	Vnější stříhání / Überschneidkanten / Over cutting		
			X	Tvora pinčovací hrany / Pinchkanten / Pinch-cutting	
				Ocelové nože na plast / Messer auf Kunststoff / Steel blade on plastics	
				Na horní formě / an Oberform / On upper mould	
			X	Na spodní formě / an Unterform / On lower mould	
				Zakalit / Härten / Harden	
		oboje / beidseitig / both	Pro výstřížky / für Ausschnitte / for Cut-outs	X	Vnější stříhání / Überschneidkanten / Over cutting
					Tvora odstříhové hrany / Pinchkanten / Pinch-cutting
					Ocelové nože na plast / Messer auf Kunststoff / Steel blade on plastics
					Na horní formě / an Oberform / On upper mould
					Na spodní formě / an Unterform / On lower mould
					Zakalit / Härten / Harden
			Duté broušené / Hohlschliff / Grinded hollow		
			Po celé ploše / vollflächig / Over total surface		

Poz.	Název / Benennung / Description	Typ - Poznámky / Ausführung - Bemerkung / Type - Remark																			
Schéma nástrojových ploch / Werkzeugsfläche schematisch / Toolfaces scheme																					
<p>Strana plechu / Blechseite / Plate side</p>																					
<p>Pohledová strana / Sichtseite / Overview side</p>																					
10	Odstaňování odpadu / Abfallentsorgung / Waste disposal	<table border="1"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Propadnutím / durchfallend / falling through</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Ručně / von Hand / by hand</td> </tr> </table>	<input checked="" type="checkbox"/>	Propadnutím / durchfallend / falling through	<input type="checkbox"/>	Ručně / von Hand / by hand															
<input checked="" type="checkbox"/>	Propadnutím / durchfallend / falling through																				
<input type="checkbox"/>	Ručně / von Hand / by hand																				
11	Strana obsluhy / Bedienseite / Operating side																				
12	Horký olej / Thermalöl / Hot oil	<table border="1"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ANO / JA / YES</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Okruh: 1ks v jedné polovině</td> </tr> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Díry / Bohrungen / Holes</td> <td style="text-align: center;">18mm</td> <td style="text-align: center;">Kreislauf: 1 Stück je Werkzeughälfte</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">[Ø]</td> <td style="text-align: center;">Circuit: 1 part of mold half</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Rozměr připojení / Anschlußgröße / connect. Dimension</td> <td style="text-align: center;">x</td> <td style="text-align: center;">vnitřní / innen / inner</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">1 Palec / Zoll / Inch</td> <td></td> <td style="text-align: center;">vnější / außen / outer</td> </tr> </table>	ANO / JA / YES		Okruh: 1ks v jedné polovině		<input checked="" type="checkbox"/>	Díry / Bohrungen / Holes	18mm	Kreislauf: 1 Stück je Werkzeughälfte	[Ø]		Circuit: 1 part of mold half	Rozměr připojení / Anschlußgröße / connect. Dimension		x	vnitřní / innen / inner	1 Palec / Zoll / Inch			vnější / außen / outer
		ANO / JA / YES		Okruh: 1ks v jedné polovině																	
		<input checked="" type="checkbox"/>	Díry / Bohrungen / Holes	18mm	Kreislauf: 1 Stück je Werkzeughälfte																
			[Ø]		Circuit: 1 part of mold half																
		Rozměr připojení / Anschlußgröße / connect. Dimension		x	vnitřní / innen / inner																
1 Palec / Zoll / Inch			vnější / außen / outer																		
Poloha připojení / Anschlußposition / Connection position																					
Vzdálenost / Abstand / Distance		80 mm																			
Spojení / Kupplung / Connection: Walter 11-019-2-WR53310-AAA																					
13	Izolace / Isolierung / Insulation	Material: S 4000	<input checked="" type="checkbox"/> horní / oben / upper																		
		Délka / länge / length 1270	<input checked="" type="checkbox"/> spodní / unten / lower																		
		Šířka / breite / width 920	<input type="checkbox"/> boční / seitlich / side																		
14	Konstrukce nástrojů / Aufbau des Werkzeugs / Structure of tool	Ocelová deska / Stahlschonplatte / Steel plate																			
		Izolace / Isolierung / Insulation																			
		Celková výška / Gesamtbauhöhe / Overall height 220-250mm																			
		Horní nástroj / Oberform / Upper tool																			
		Spodní nástroj / Unterform / Lower tool																			
		Izolace / Isolierung / Insulation																			
15	Vedení / Führungssystem / Guiding system	4x interní meč v horním nástroji / 4 innere Schwerter oben / 4 guide inner blades on the upper side																			
		8x interní dorazy s vymešovacími plechy / 8 stücke - innere Distanzen mit Feinblechen / 8 pieces of internal stops with spacers																			
16	Dorazy / Distanzen / Stops	8x interní dorazy s vymešovacími plechy / 8 stücke - innere Distanzen mit Feinblechen / 8 pieces of internal stops with spacers																			
17	Volný prostor / Freiraum / Open space	Vzdálenost mezi produktem a dorazy-vedením / Abstand zwischen Produkt und Distanzen - Führungen / Distance between product and blocks - guides	80 mm																		

Poz.	Název / Benennung / Description	Typ - Poznámky / Ausführung - Bemerkung / Type - Remark																				
18	Přípevnění / Befestigung / Clamp-elements	<p>Montážní příruba ze všech stran / Spannflanschen aus allen Seiten / <i>Clamp flanges on all sides</i> minimálně 2x na každé straně / min. zweimal auf jeder Seite / <i>at least 2 clamps on each side</i></p> 																				
19	Rozměry nástroje / Werkzeuggröße / Dimensions of tool	<table border="1"> <tr> <td>Délka / Länge / length [mm] X</td> <td>max 1270 mm</td> </tr> <tr> <td>Šířka / Breite / width [mm] Y</td> <td>max 920 mm</td> </tr> <tr> <td>Výška / Höhe / height [mm] Z</td> <td>max 250 mm</td> </tr> <tr> <td>Celková hmotnost / Gesamtgewicht / Total weight</td> <td>max 2500kg</td> </tr> </table>	Délka / Länge / length [mm] X	max 1270 mm	Šířka / Breite / width [mm] Y	max 920 mm	Výška / Höhe / height [mm] Z	max 250 mm	Celková hmotnost / Gesamtgewicht / Total weight	max 2500kg												
Délka / Länge / length [mm] X	max 1270 mm																					
Šířka / Breite / width [mm] Y	max 920 mm																					
Výška / Höhe / height [mm] Z	max 250 mm																					
Celková hmotnost / Gesamtgewicht / Total weight	max 2500kg																					
20	Systém dopravy / Transportsystem / Transport system	<table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>Otvory pro vysokozdvizný vozík / Staplerschuhe / <i>Space for forks</i></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Transportní pásy / Transportlaschen / <i>Straps</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Transportní oka / Ringschrauben / <i>Screws with transporting ring</i></td> </tr> </table>	X	Otvory pro vysokozdvizný vozík / Staplerschuhe / <i>Space for forks</i>	X	Transportní pásy / Transportlaschen / <i>Straps</i>		Transportní oka / Ringschrauben / <i>Screws with transporting ring</i>														
X	Otvory pro vysokozdvizný vozík / Staplerschuhe / <i>Space for forks</i>																					
X	Transportní pásy / Transportlaschen / <i>Straps</i>																					
	Transportní oka / Ringschrauben / <i>Screws with transporting ring</i>																					
21	Značení dílů / Teilekennzeichnung / Product marking	Bez značení / kein Markierung / <i>no marking</i>																				
22	Značení nástrojů / Werkzeugkennzeichnung / Labels for tool	Horní a spodní nástroj / obenwerkzeug und untenwerkzeug / <i>upper and lower tool</i>																				
23	Výroba částí nástroje / Formnestbearbeitung / Tool segment manufacturing	<table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>CNC</td> <td>Kopírovací frézování / kopieren / <i>copy-mill</i></td> <td>Přesné lití / Genauß / <i>Precision casting</i></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Smrštění / Produkt schrumpft / <i>Contraction:</i></td> <td colspan="2">0%</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Koefficient roztažnosti / Ausdehnungsfaktor / <i>Expansion coefficient:</i></td> <td colspan="2">-</td> </tr> <tr> <td>Velikost opracování / Bearbeitungsfaktor / Factor of processing</td> <td>%</td> <td>menší / kleiner / <i>smaller</i></td> <td>větší / größer / <i>bigger</i> X</td> </tr> <tr> <td>Leštěný povrch / Oberfläche poliert / <i>Surface polished</i></td> <td>-</td> <td>Zrnitost / Korngröße / <i>Grain size:</i></td> <td>160</td> </tr> </table>	X	CNC	Kopírovací frézování / kopieren / <i>copy-mill</i>	Přesné lití / Genauß / <i>Precision casting</i>	Smrštění / Produkt schrumpft / <i>Contraction:</i>		0%		Koefficient roztažnosti / Ausdehnungsfaktor / <i>Expansion coefficient:</i>		-		Velikost opracování / Bearbeitungsfaktor / Factor of processing	%	menší / kleiner / <i>smaller</i>	větší / größer / <i>bigger</i> X	Leštěný povrch / Oberfläche poliert / <i>Surface polished</i>	-	Zrnitost / Korngröße / <i>Grain size:</i>	160
X	CNC	Kopírovací frézování / kopieren / <i>copy-mill</i>	Přesné lití / Genauß / <i>Precision casting</i>																			
Smrštění / Produkt schrumpft / <i>Contraction:</i>		0%																				
Koefficient roztažnosti / Ausdehnungsfaktor / <i>Expansion coefficient:</i>		-																				
Velikost opracování / Bearbeitungsfaktor / Factor of processing	%	menší / kleiner / <i>smaller</i>	větší / größer / <i>bigger</i> X																			
Leštěný povrch / Oberfläche poliert / <i>Surface polished</i>	-	Zrnitost / Korngröße / <i>Grain size:</i>	160																			
24	Pneumatický systém / Heißluftsystem / <i>Air system</i>	Není požadovaný / nicht gefordert / <i>not requested</i>																				
25	Odlehčení / Abfallbereich / Waste area	20 mm																				
26	Konstrukční inspekce / Konstruktionsabnahme / Construction-inspection	Plánováno / Geplant / <i>Planned for (Datum / Datum / Date): 15.3.2014</i>																				
27	Kontrola nástroje / Werkzeugabnahme / <i>Tool- inspection</i>	<p>Plánováno / Geplant / <i>Planned for (Datum / Datum / Date): 15.3.2014</i></p> <p>Kontrolováno na horkém lisu v podniku Zákupy / Auf der heiß Presse in Zákupy kontrolliert / <i>checked on the hot press in Zákupy</i></p>																				
28	Další dodací podmínky / Zusätzlicher Lieferumfang / Additional delivery requirements	<table border="1"> <tr> <td>X</td> <td>CAD-Data / CAD - Daten / <i>CAD - data</i></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Výrobní výkresy bloků / Einzelteilzeichnungen der Werkzeughälften / <i>technical drawings of lower block and upper block</i></td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>Výrobní dokumentace jednotlivých částí nástroje / Einzelteilzeichnungen der Montageeile / <i>Technical drawings of parts and assemblies</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Protokoly měření / Meßprotokolle / <i>Measurement protocols</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td>Jiné / Sonstiges / <i>Other:</i></td> </tr> </table>	X	CAD-Data / CAD - Daten / <i>CAD - data</i>	X	Výrobní výkresy bloků / Einzelteilzeichnungen der Werkzeughälften / <i>technical drawings of lower block and upper block</i>	X	Výrobní dokumentace jednotlivých částí nástroje / Einzelteilzeichnungen der Montageeile / <i>Technical drawings of parts and assemblies</i>		Protokoly měření / Meßprotokolle / <i>Measurement protocols</i>		Jiné / Sonstiges / <i>Other:</i>										
X	CAD-Data / CAD - Daten / <i>CAD - data</i>																					
X	Výrobní výkresy bloků / Einzelteilzeichnungen der Werkzeughälften / <i>technical drawings of lower block and upper block</i>																					
X	Výrobní dokumentace jednotlivých částí nástroje / Einzelteilzeichnungen der Montageeile / <i>Technical drawings of parts and assemblies</i>																					
	Protokoly měření / Meßprotokolle / <i>Measurement protocols</i>																					
	Jiné / Sonstiges / <i>Other:</i>																					
29	Program pro tvorbu časového plánu / Terminplan für Werkzeugerstellung / Schedule for tool manufacture	Microsoft Project (Excel)																				
30	Životnost nástroje (počet dílů) / Teile im Laufzeit / <i>Parts over time</i>	200 000																				
31	Max. počet dílů za směnu / Maximal Teile pro Schicht / <i>Maximum parts per shift</i>	5000																				

3 Úvod

V této bakalářské práci je řešen problém návrhu sekacího nástroje pro zadaný díl. Hlavním požadavkem nástroje je lisování a odsekávání přebytečného materiálu v jednom kroku. Pro tento druh nástrojů se v praxi ujal pojem pinčovací nástroj. Konstrukce se z větší části podobá lisovacím nástrojům, od kterých se sekací nástroje odlišují pinčovací hranou. Forma musí být z technologického hlediska vytápěna. Dále je v této práci provedena konstrukce kontrolního nástroje pro vyrobené díly krytu a také návrh časového plánu konstrukce a výroby sekacího (pinčovacího) nástroje.

4 Popis funkce pinčovacího nástroje

U pinčovacích nástrojů probíhá současně lisování a sekání vyráběného dílu a tím dochází k úspoře času při výrobě a úspoře finančních prostředků. K finanční úspoře dojde zejména snížením počtu konstruovaných a vyráběných nástrojů ze dvou pouze na jeden.

Při jednom zdvihu je přebytečný materiál z polotovaru odseknut pinčovacím nástrojem a následně je materiál lisován uvnitř formy pro dosažení požadovaných tvarových a pevnostních vlastností. V tomto konkrétním případě je forma i vytápěna horkým olejem pro zvýšení plasticity a tvárnosti stříhaného materiálu a jeho následného provázání při lisování.

Po dokončení lisování se nástroj rozdělí a díl je obsluhou vyjmut z formy a nechá se vychladnout, následně díl dělník překontroluje v kontrolním nástroji (jeho návrhem se budeme v této práci zabývat později), zda odpovídá předepsaným tolerančním rozměrům a zda nejsou ve vyrobeném dílu viditelné vady.

5 Volba materiálu nástroje

Materiál pinčovacího nástroje je nutné volit s ohledem na požadované faktory: zvýšená pracovní teplota nástroje, nutnost zakalení pinčovací hrany, životnost nástroje a ekonomická náročnost výroby.

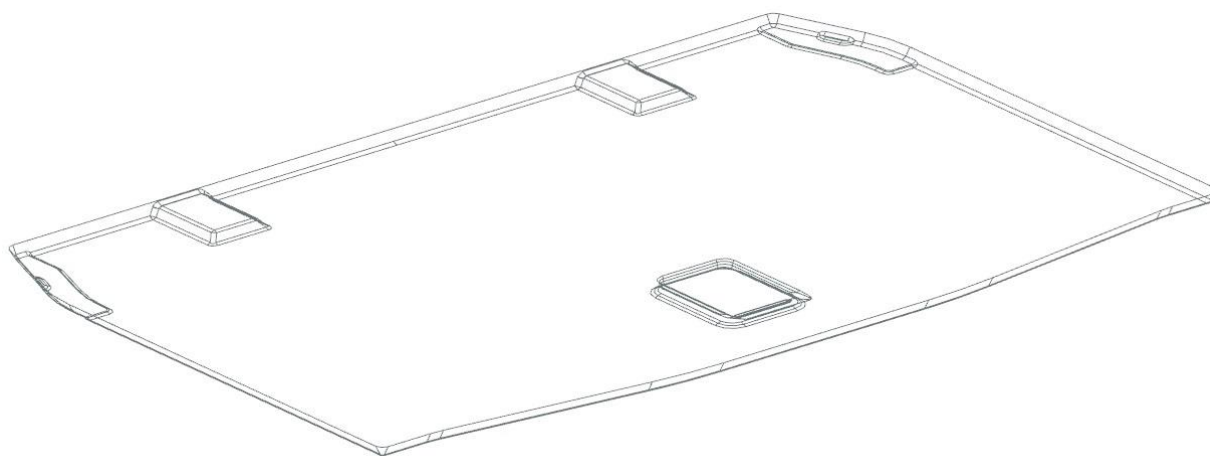
Nástroj musí odolávat zvýšené teplotě bez ztráty pevnosti a tvrdosti minimálně do teploty 200 °C, což je pracovní teplota oleje v topné soustavě. Pro zajištění vyšší životnosti pinčovací hrany musí být hrana zakalena na tvrdost 40÷60 HRC. Je také nutné však brát v úvahu obrábění kapes do desek a vrtání topných kanálků pro temperanční soustavu. Pro obrábění je potřeba co nejnižší pevnosti a tvrdosti. Při velké tvrdosti a pevnosti se zvyšují náklady na obrábění a tím je i vyšší cena výsledného nástroje.

Požadovaným vlastnostem nejvíce vyhovují materiály třídy 19. Zvolen byl materiál ČSN 19 520 dle požadavků zadávacího listu. Dle evropského značení se jedná o ocel EN 1.2311. Jedná se o chrom – mangan – molybdenovou ocel ke kalení na vzduchu s dobrou prokalitelností a dobrou pevností za tepla. Také je dobře tvárná za tepla a dobře obrobitelná ve stavu žíhaném naměkko. Vhodná pro tepelně namáhané pomocné nástroje. Pro zakalení je nutné požadovaný povrch zahřát na teplotu 840-870 °C a následně ochladit v oleji nebo na vzduchu 180 až 220 °C. Pro zajištění tvrdosti 50 HRC je nutné hranu popustit při teplotě 200 °C.

6 Tvorba tvarů nástroje

Tvar formy je dán zadanou součástí. Tu je nutné vhodně umístit mezi horní a dolní polovinu, pro snadnou výrobu forem nástroje, dobrou funkčnost a přesnou výrobu dílu. Díl byl umístěn podle požadavku zadání, kdy na spodní části nástroje bude pinčovací hrana, v které je obsažen celý díl. Horní hrana bude rovná vyjma výstupku součástí, jenž je součástí vyměnitelné tvarové vložky.

Zadaná součást byla předložena ve formě CAD modelu formátu stp a dále zpracována v programu Siemens NX8.5 pomocí plošných a objemových prvků modelování.



Obrázek 1 – Zadané plochy modelu

6.1 Nástrojové plochy

Spodní díl musí mít výběhovou plochu, jež je odsazená od horního nástroje o 20 mm. Toto odsazení slouží jako prostor pro odpadní materiál polotovaru po odseknutí pinčovací hranou. Pinčovací hrana musí mít určitý úkos, jenž má vliv na pevnost pinčovací hrany a i na střížnou a lisovací sílu.

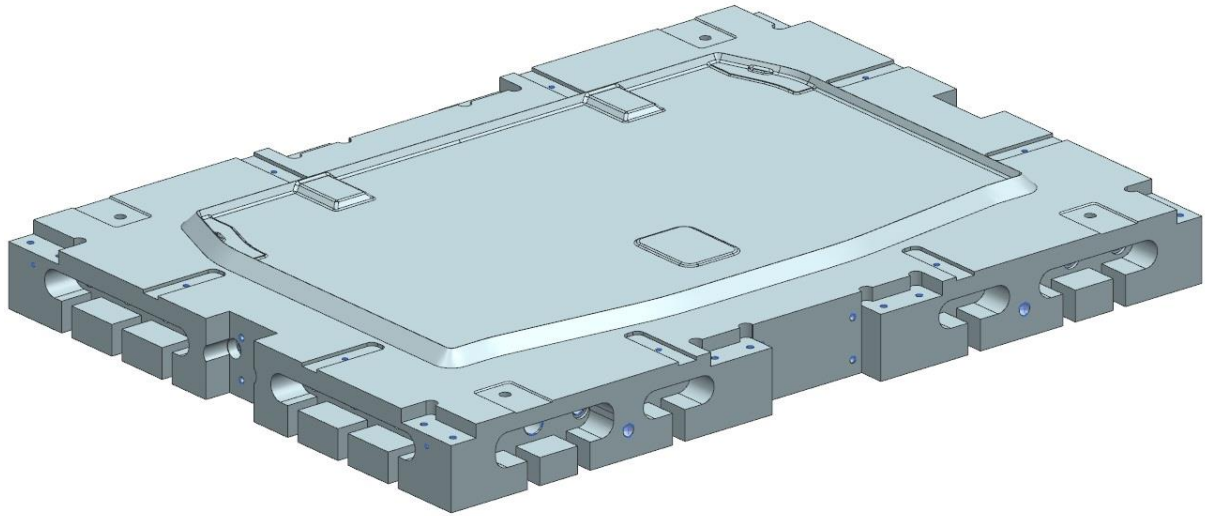
Při zvolení malého úhlu by byl lisován i odpadní materiál a docházelo by ke zbytečnému namáhání formy a celého lisu, naopak při zvolení příliš velkého úhlu může dojít k výraznému oslabení nástrojové hrany a při zatížení může dojít k jejímu nevratnému poškození – prasknutí a vylomení. Optimální je tedy hodnota 45°. Blíže je tato problematika rozebrána v samostatné kapitole 6.1.

6.2 Popis nástroje

V bloku nástroje je třeba vytvořit plochy pro dorazy, vedení a středící čepy. Dalšími plochami jsou upínací kapsy, za které se nástroj upne do lisu, aby mohl vykonávat požadovanou operaci s požadovanou přesností a zamezilo se poškození pinčovací hrany.

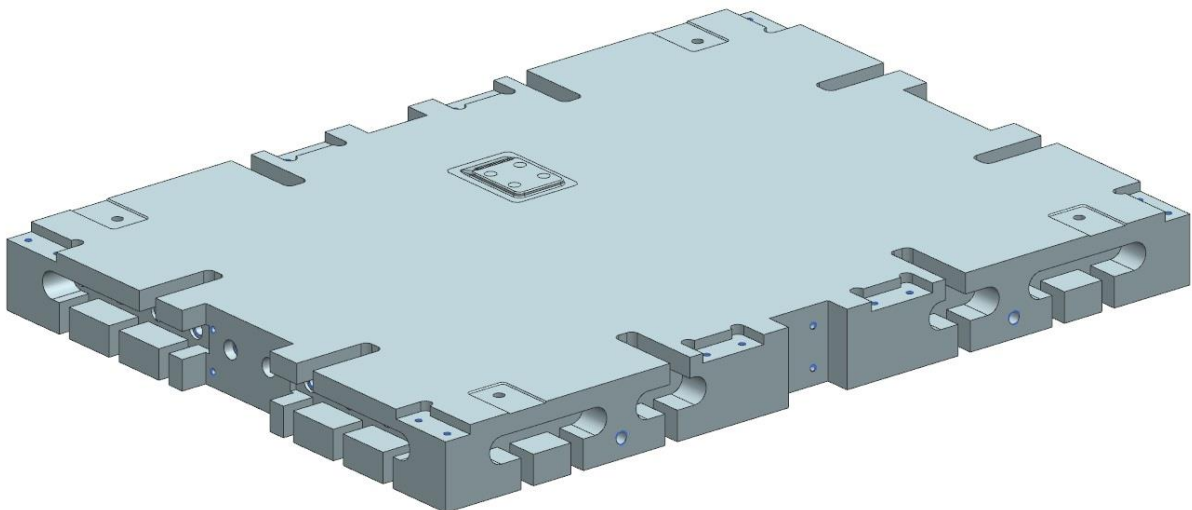
Plocha dolního nástroje je tedy opatřena pinčovací hranou. Ve vnitřní části nástroje od pinčovací hrany je tvarová plocha, jež plyne z požadavků zadání součástí. Od pinčovací hrany směrem ke kraji je technologický úkos pod úhlem 45° a výšce 20 mm. Dále na spodním nástroji jsou válcové díry pro středící čepy, kapsy na bocích nástroje pro středící meče a kapsy. Z horní strany spodního dílu je vyhotoveno vybrání pro dorazy desek a materiálu.

Ve vybrání pro dorazy jsou dále díry se závity pro pevné ukotvení dorazů v patřičné poloze. Součástí spodního nástroje jsou i topné kanály se vstupní a výstupní větví.



Obrázek 2 - Dolní blok nástroje

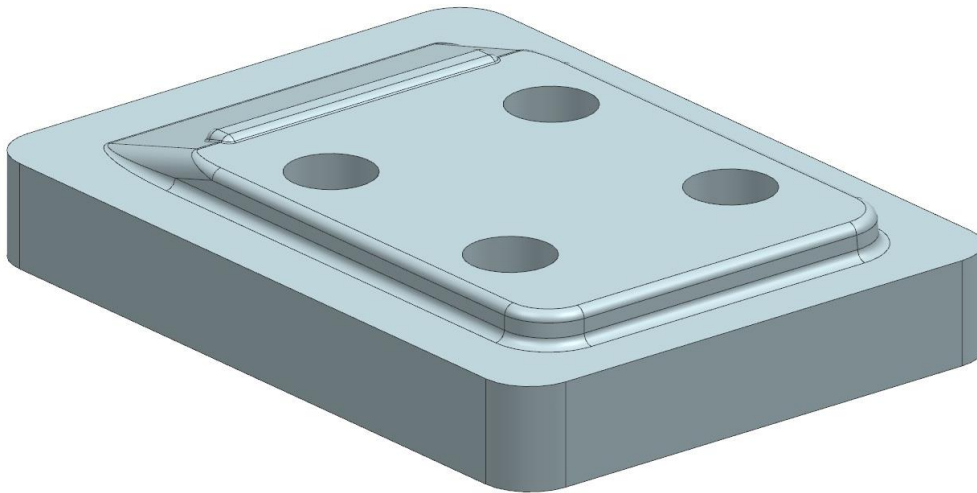
Horní nástroj není opatřen pinčovací hranou, pouze dosedací plochou. Tato plocha musí být rovná, pro zajištění rovnoměrného odseknutí materiálu. Při křivosti může dojít k výraznému opotřebení a špatné funkci pinčovací hrany. V horní polovině je obsažena vyměnitelná tvarová vložka s danou plochou zadané součásti. Dále na horním nástroji jsou plochy pro středící čepy, vybrání pro dorazy desek a kapsy pro dorazy materiálu. I v horní části je topná soustava o stejných parametrech jako u dolního nástroje.



Obrázek 3 – Horní blok nástroje

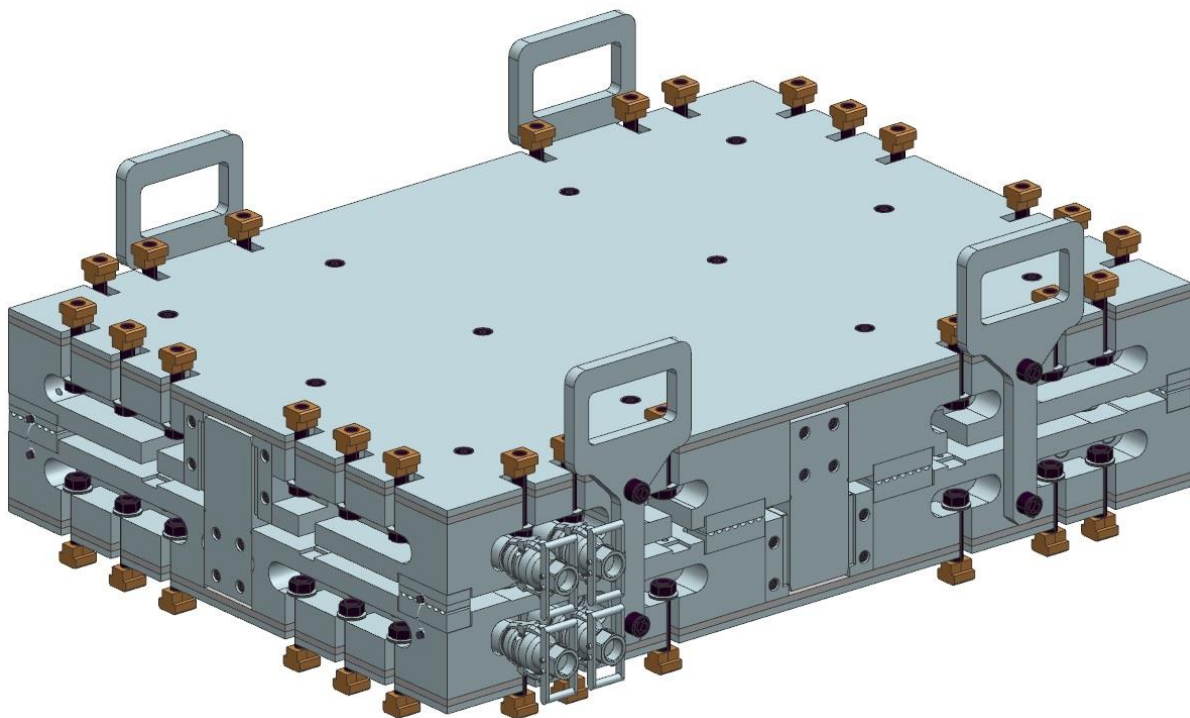
Vložka je vyměnitelná z důvodu, že předpokládáme změnu tvaru či úplné odstranění této plochy z dílu. Tato vložka je připevněná pomocí 4 šroubů M10x25 DIN 912.

Pro zamezení otisknutí hlav šroubů na díl jsou tyto hlavy opatřeny krytkami. Ty se upevní pomocí výstupků do vnitřního šestihranu šroubů, tak aby se zamezilo jejich uvolnění. Upevnění je zabezpečeno spojením s přesahem. Při demontáži bohužel dojde k poškození krytek a bude nutné použít nové, aby byl povrch dílu kvalitní.



Obrázek 4 - Tvarová vložka horního nástroje

Celá sestava pinčovacího nástroje je pro transport spojena transportními pásy s otvory pro jednodušší manipulaci pomocí jeřábu, vysokozdvizného vozíku či jiné manipulační techniky. Spojení je zabezpečeno 4 šrouby v každé polovině nástroje. Celá problematika transportu je řešena v samostatné kapitole.



Obrázek 5- Sestava pinčovacího nástroje

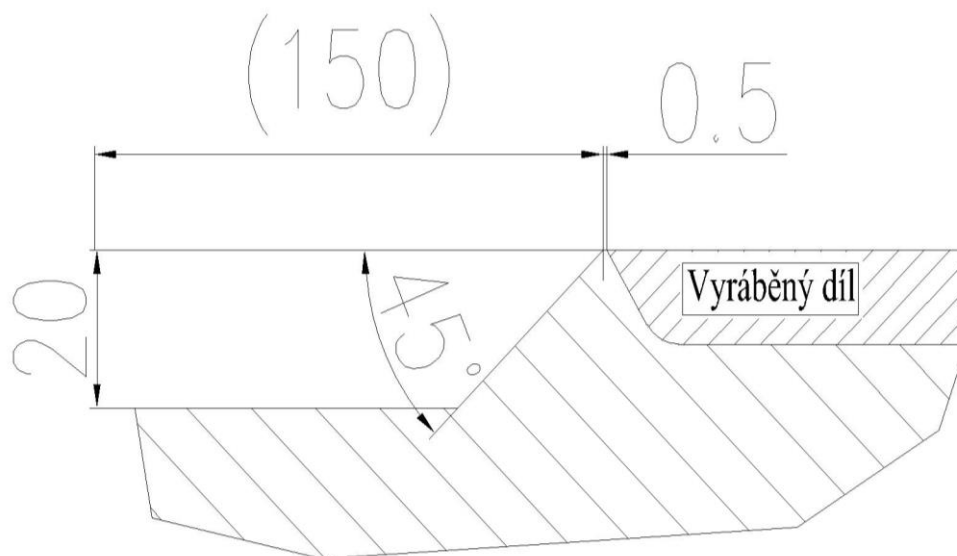
7 Prvky pinčovacího nástroje

7.1 Pinčovací hrana

Pinčovací hrana slouží k oddělení zbytkového materiálu od požadovaného tvaru součásti. V tomto konkrétním případě je pinčovací hrana v jedné rovině, což zjednoduší její výrobu. K přestřížení materiálu dojde při kontaktu horní a dolní hrany pinčovacího nástroje. K tomu je potřeba vyvinout určitou sílu, jež vyvodí lis, ve kterém je upnut pinčovací nástroj. Šířka pinčovací hrany se liší podle druhu stříhaného materiálu. Při nižší šířce je třeba nižší střížná síla, jež se úměrně s šířkou hrany zvyšuje. V praxi se hodnota šířky pohybuje mezi 0,5 až 1,5 mm. Dle zadávacího listu byla zvolena šířka pinčovací hrany 0,5 mm. Kvůli zvýšení životnosti nástroje se pinčovací hrana kalí pomocí laseru na tvrdost 40÷60 HRC.

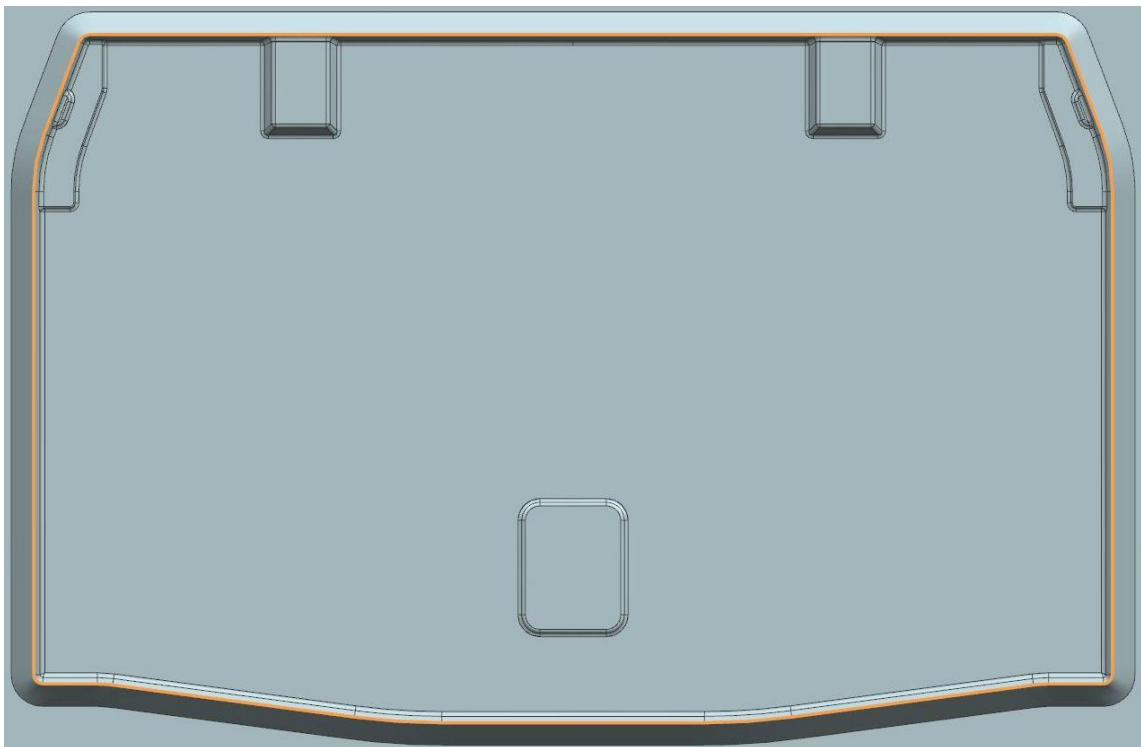
Na pevnost pinčovací hrany má vliv také sklon výběhové plochy. Ten nesmí být příliš nízký, aby výběhová plocha plnila svou funkci odlehčení, ale ani vysoký z důvodu snížení pevnosti a možnému uštípnutí hrany při kontaktu s horní polovinou nástroje. Běžně se úhel odlehčení pohybuje mezi 40÷50°, přičemž je optimální úhel 45°. Výška odsazení byla zvolena 20 mm. Rozměry jsou zakótovány na obrázku 6.

Aby nedošlo k poškození pinčovací hrany, je lis vybaven dorazy, které zabezpečí, aby nedošlo k přetížení hrany (více v kapitole Ochrana pinčovací hrany).



Obrázek 6 - Rozměry pinčovací hrany

Na obrázku 7 je vidět obvod pinčovací hrany sloužící pro oddělení dílu od zbytkového materiálu. Pinčovací hrana je zvýrazněna oranžovou barvou. Od kraje nástroje k pinčovací hraně je z každé strany nejmenší vzdálenost 150 mm z důvodu umístění polotovaru do lisu. Délka vnitřního obvodu pinčovací hrany je 3030 mm, vzdálenost byla odměřena na modelu v softwaru NX8.5 pomocí funkce Measure Distance, typem Legth. Při šířce hrany 0,5 mm lze snadno vypočítat potřebnou lisovací sílu.



Obrázek 7 - Pinčovací hrana spodního nástroje

Při uvažované sřížné pevnosti materiálu 100 MPa bude potřebná sřížná síla lisu následující:

Popis	Zkratka	Hodnota	Jednotky
Pevnost materiálu	τ	100	MPa
Délka pinčovací hrany	L	3030	mm
Šířka pinčovací hrany	t	0,5	mm

Tabulka 1 - Tabulka hodnot pro výpočet pinčovací hrany

$$\tau = \frac{F}{S} \Rightarrow F$$

$$F = \tau \times S = \tau \times L \times t = 100 \times 10^6 \times 3,030 \times 0,0005$$

$$F = 1\,515\,000\,N = 151,5\,kN$$

Rovnice 1 - Výpočet sřížné síly

Při pevnosti 100 MPa se sříhu je potřebná lisovací síla **151,5 kN**.

7.2 Středění

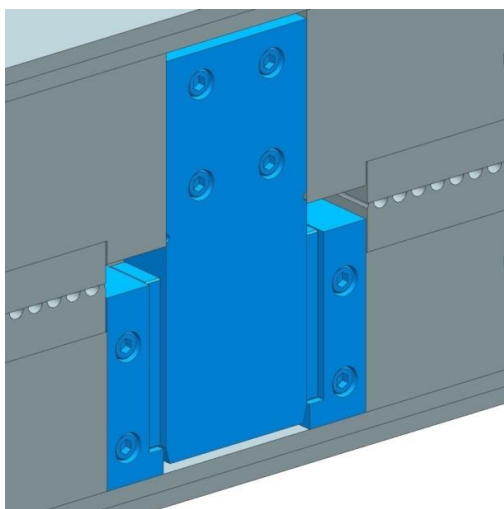
Středící prvky slouží k přesnému dosednutí pohyblivé horní poloviny do spodní části nástroje. To je důležité z důvodu přesnosti výroby a hlavně z důvodu přesného kontaktu střížné hrany. U pinčovacích nástrojů se využívá středění pomocí středících čepů a vodících mečů, které zapadají do vodících kapes v druhé polovině nástroje. Vedení rozlišujeme podle polohy na externí a interní.

Externí vedení se umísťuje na boky nástroje a je připevněno pomocí šroubů do požadované polohy. Tento typ vedení je vhodný z důvodu úspory materiálu formy, kdy není potřeba dávat přídavek na velikost volného prostoru mezi pinčovací hranou a vedením.

Interní vedení je umístěno do bloku nástroje. Je tedy nutné mít v nástroji prostor pro vodící meče a kapsy, aby materiál ve formě nezasahoval do prostoru vedení. Výhodou je větší tuhost vedení a použití menšího počtu dílů. Tato varianta je použita u navrhovaného pinčovacího nástroje. Při použití interního vedení odpadá potřeba podložek pro vodící destičky a externí vodící kapsy.

Meč zajíždí do vodící kapsy s kluznými destičkami připevněnými na držácích šrouby M8x20 DIN912 s vnitřním šestihranem. Meč má výšku 240 mm, šířku 50 mm a tloušťku 40 mm. Část, jež přichází do styku s kluznými destičkami, má sníženou tloušťku na 37 mm a má sraženou hranu pod úhlem 15° v délce 10mm pro nájezd meče na kluzné destičky. Meč je připevněn k nástroji pomocí 4 šroubů M10x40 DIN 912. Meč může být nakoupen například u firem Hasco či Meusburger, u Hasca se jedná o součást Guide block s označením Z18 s cenou 166 €. Součást je vyrobena z oceli 1.2162 (ČSN 19 487) s tvrdostí 60 HRC. Pro snížení nákladů bude výhodnější meč vyrobit, při potřebě 4 kusů bude úspora více zřetelná.

Plochá vodící destička bude nakoupena u firmy Sankyo Oilless, jedná se o součást dle VDI 3357, připevnění destiček k držákům je realizováno pomocí dvou šroubů M8x20 DIN912 a držáky připojeny k desce pomocí 2 šroubů M10x40 DIN912.

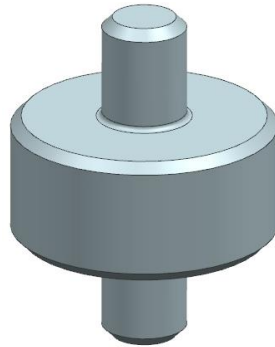


Obrázek 8 - Středící meč s vedením

Středící čep středí vůči sobě protilehlé poloviny nástroje před samotným frézováním drážek pro vedení nástroje za současného vyhotovení u obou bloků najednou. Přesně

vystředí bloky nástroje vůči sobě. Tím je možné dosáhnout vysoké přesnosti výroby. Jedná se o jednoduchou konstrukci válcového čepu zapadajícího do válcové díry v nástroji.

Středící čep bude vyráběn pro uspořené náklady a z důvodu jeho jednoduchosti.

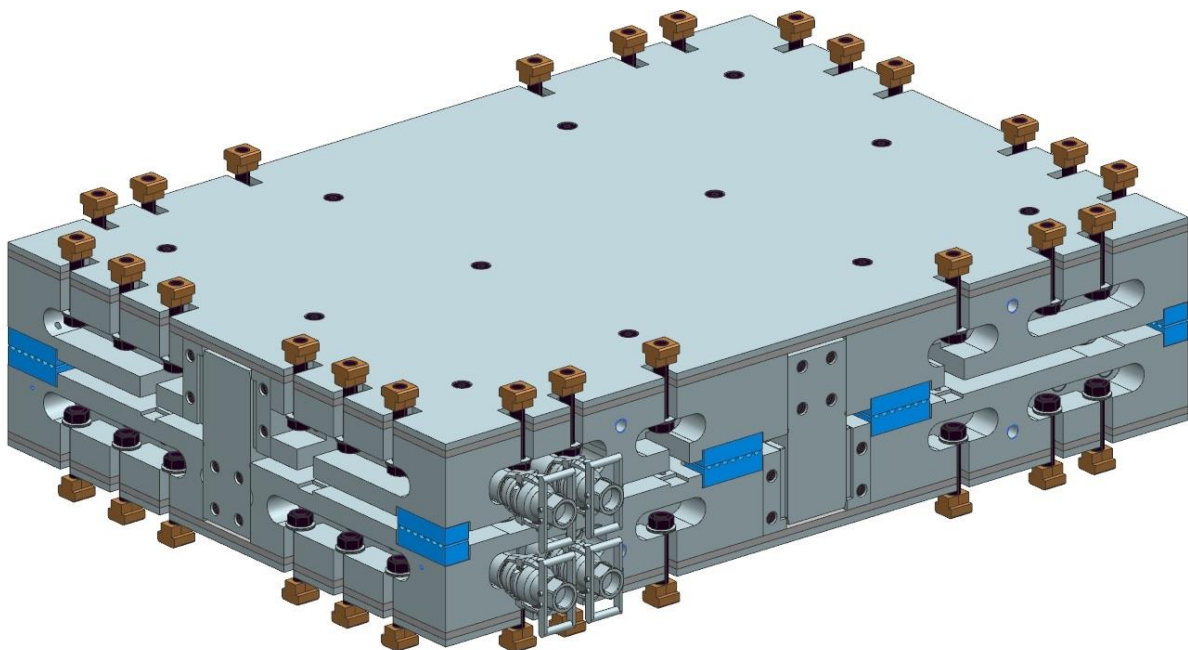


Obrázek 9 - Středící čep

7.3 Ochrana pinčovací hrany

K ochraně pinčovací hrany před nadměrným zatěžováním slouží dorazy. Ty stanovují vzdálenost mezi pinčovací hranou a druhým blokem. V základním nastavení dosedá pinčovací hrana na druhou polovinu nástroje. Nástrojové dorazy se dělí stejně jako vedení na externí a interní. Výhody a nevýhody jsou stejné jako u vodících prvků. Pro tento pinčovací nástroj bylo zvoleno interní vedení, především z důvodu tuhosti a skrytí dorazových prvků nástroje. Nevýhoda přídavku materiálu není tak vysoká z důvodu zapuštění dorazů i vedení.

Dorazy jsou k blokům nástroje připevněny pomocí šroubů M10x25 DIN912 s vnitřním šestihranem.

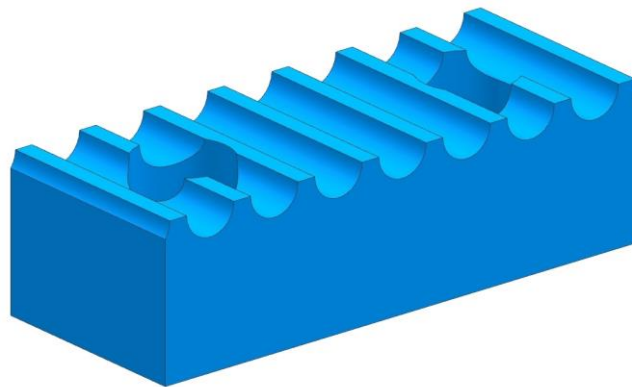


Obrázek 10 - Dorazy v sestavě nástroje

7.3.1 Doraz dolní

Dolní dorazy jsou umístěny v kapsách o hloubce 20 mm a rohy těchto kapes jsou opatřeny technologickými výběry o průměru 20 mm. Kapsy v rozích nástroje mají pouze jedno vybrání. V dolním dorazu jsou vyvrtány díry s válcovým zahloubením pro šrouby M10 DIN 912. Díry jsou umístěny symetricky 60 mm od sebe. Dále je spodní doraz vybaven drážkováním o poloměru 5 mm.

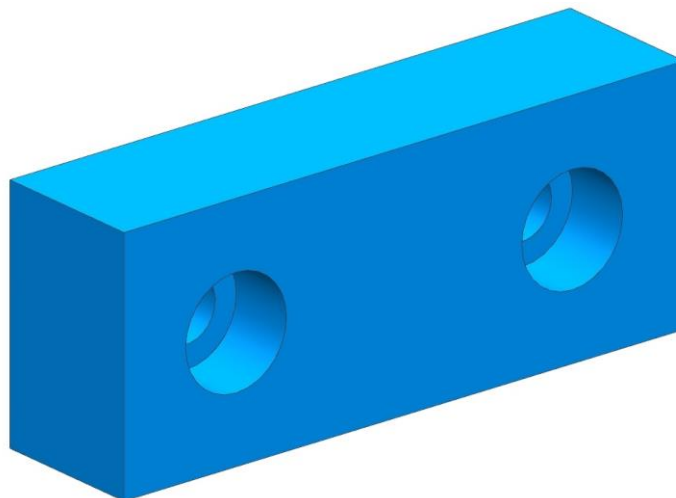
Do spodního dorazu jsou vyfrézovány drážky, aby přebytečný materiál z vyráběného dílu neovlivnil výšku dorazu. V případě, že dorazy rovnoměrně nedosedají, je možné pod dorazy umístit distanční podložky v obvyklé tloušťce 0,1 a 0,2 mm a upravit tak jejich výšku.



Obrázek 11 - Model dolního dorazu

7.3.2 Doraz horní

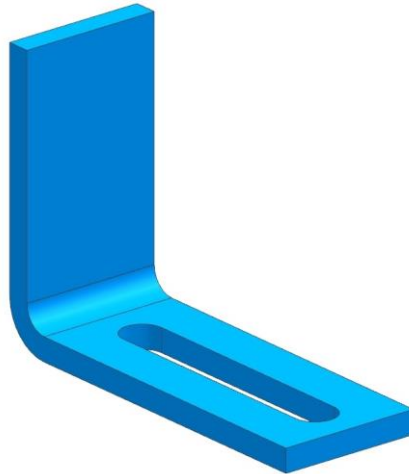
Horní vybrání pro doraz je hluboké 14 mm a je také opatřeno technologickým vybráním v rozích s průměrem 20 mm. V horním dorazu jsou díry se zahloubením pro šrouby M10 DIN 912 umístěné symetricky od sebe ve vzdálenosti 60 mm. Horní dorazy nejsou opatřeny drážkováním, jelikož postačuje vybrání v dolním dorazu.



Obrázek 12 - Model horního dorazu

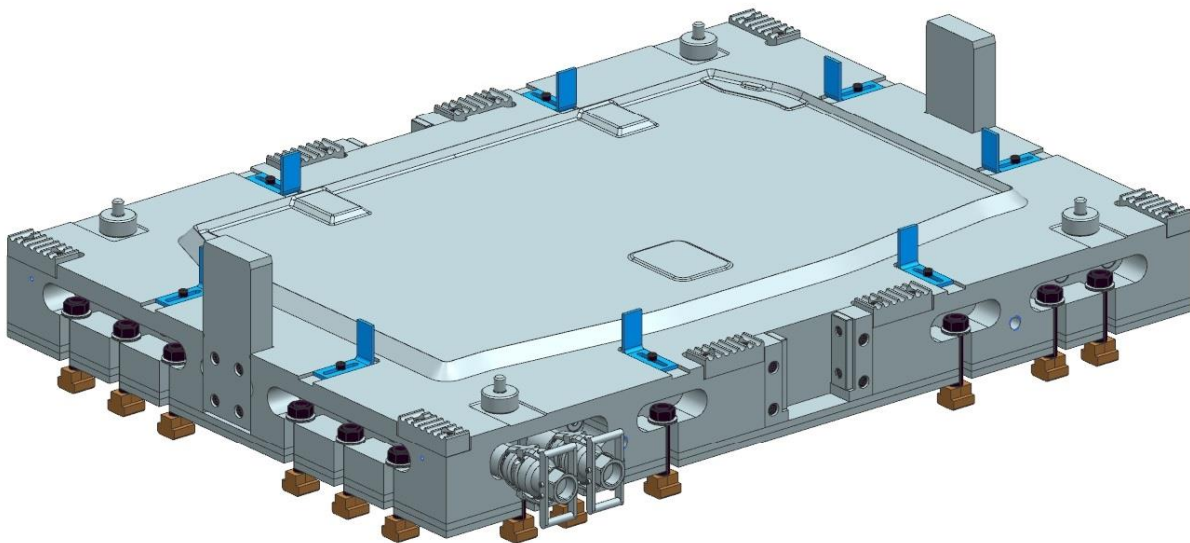
7.4 Usazení polotovaru

Doraz materiálu slouží pro ustanovení správné pozice stříhaného materiálu v pinčovací nástroji, aby nedošlo k jeho posunu. Při špatném založení materiálu by mohlo dojít k výrobě vadných kusů. Materiálový doraz je ustaven vybráním ve spodní části nástroje a jeho přesná poloha zajištěna pomocí šroubu M8x20 DIN912 skrze drážku v dorazu. Materiálový doraz bude vyroben z pásové oceli. Aby doraz nenarazil do horního nástroje, jsou v horní části vyfrézovány kapsy, do kterých má doraz možnost zajet při různých nastaveních.



Obrázek 13 - Model materiálového dorazu

Na obrázku 14 je vidět umístění materiálových dorazů na dolní části sekacího nástroje. Na každé straně jsou umístěny dva dorazy z důvodu zamezení natočení polotovaru při zakládání materiálu do stroje obsluhou. Nastavitelností dorazů je možné změnit polohu polotovaru a případně i jeho velikost.

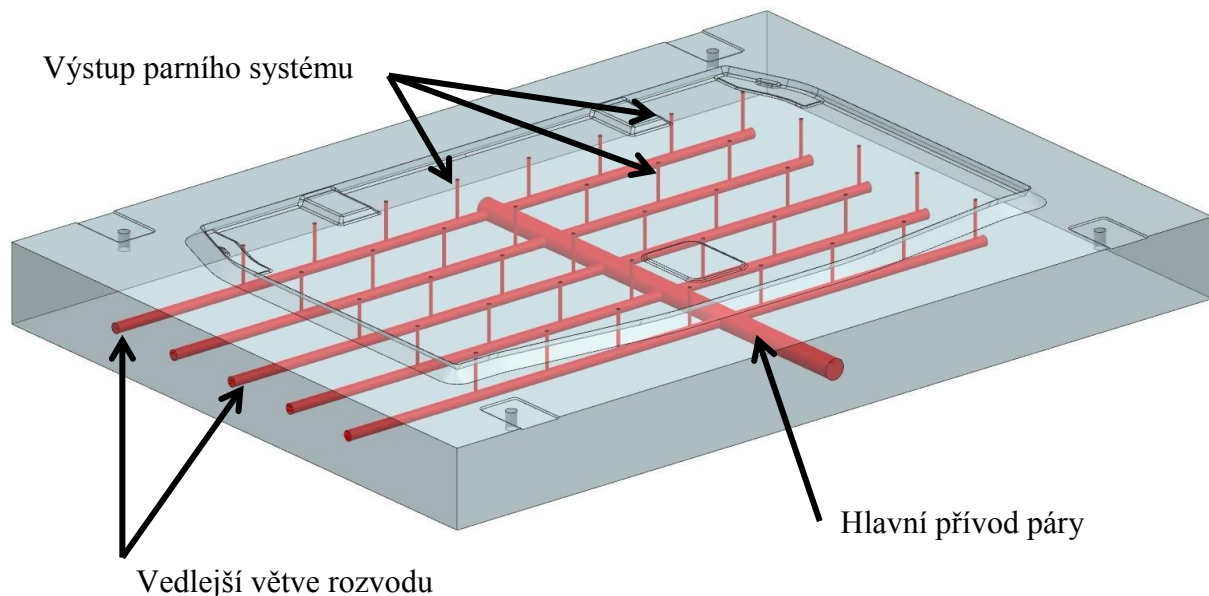


Obrázek 14- Umístění materiálového dorazu v sestavě

7.5 Návrh topné soustavy

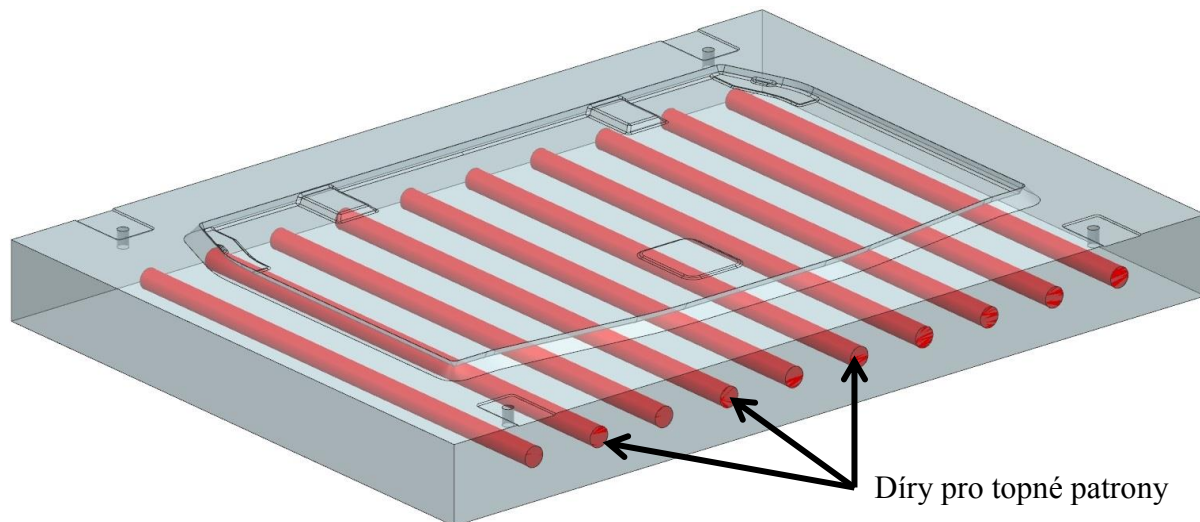
Topná soustava v nástroji slouží pro zahřátí materiálu, pro zlepšení jeho plasticity, tedy snížení potřebné střížné síly. Topná soustava by měla co nejvíce kopírovat tvarové plochy nástroje, aby došlo k rovnoměrnému ohřevu bloku. Topný systém se dělí podle druhu topení na ohřev pomocí páry, elektrický ohřev a olejový ohřev.

Systém parního ohřevu využívá proudění páry s následným výstupem do prostoru dílu, jenž ohřívá a mění vlastnosti ohřívaného dílu. Rovnoměrnost přívodu páry na povrch dílu je nutné seřídit pomocí parních trysek tak, aby nebyla část dílu ohřívána málo a jiná nepřiměřeně mnoho. Jelikož pára ohřívá pouze prostor okolo dílu, bývá tento systém doplněn jedním ze zmíněných.



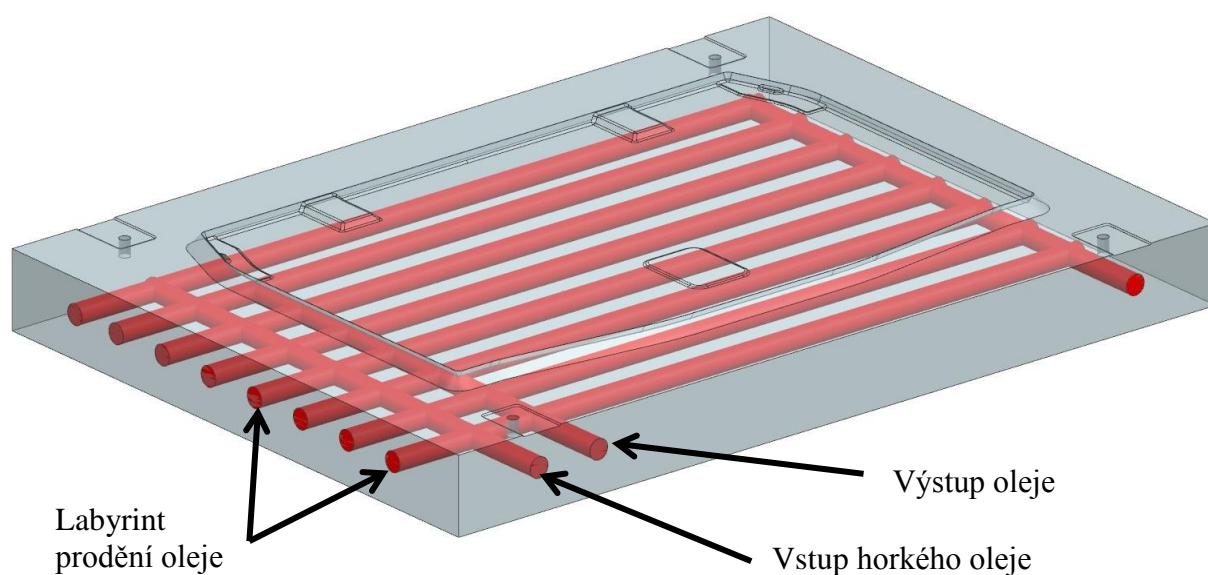
Obrázek 15 - Rozložení systému parního ohřevu

Při použití elektrického ohřevu se využívá nakupovaných topných patron. Jedná se o válcovou součást s dvěma konektory pro přívod elektrické energie. Topné patrony pracují na principu elektrického odporu, a proto musí být forma uzemněna. Výhodou elektrického ohřevu je, že ohřev nemusí být usměrňován pomocí trysek a ucpávek a také není třeba formu utěsnit, stačí ji pouze zabezpečit proti kontaktu topných těles s okolními kapalinami.



Obrázek 16 - Rozložení systému elektrického ohřevu

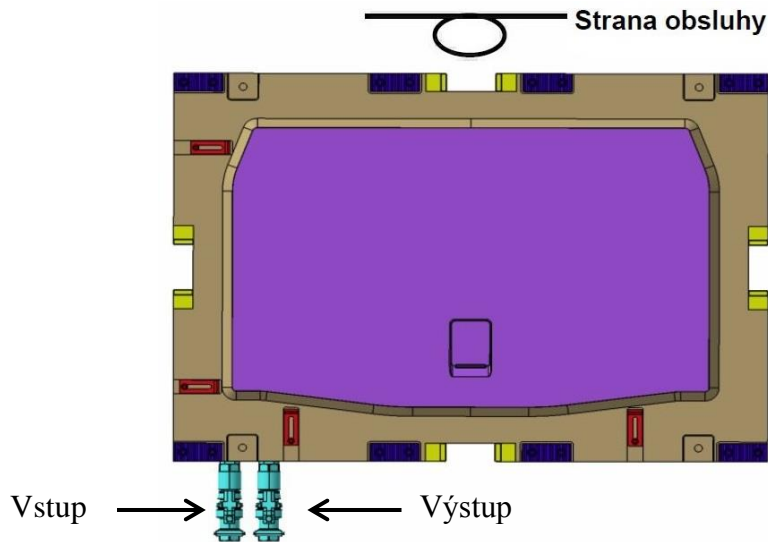
Posledním z navržených alternativ je ohřev pomocí oleje. Olej proudí v uzavřeném okruhu, proto musí být ohřívací okruh vstupní a výstupní větví propojený s topným a čerpacím zařízením. Pro správné proudění oleje musí být okruh jednosměrný bez slepých ramen, dále se musí brát v potaz ochlazení proudícího oleje při průchodu formou. Oběh oleje je zabezpečen pomocí oběhového čerpadla. Olej proudí formou ve vyvrtaných dírách, ve kterých jsou umístěny ucpávky, jež zabraňují proudění kapaliny v nesprávném směru. Vyvrtané otvory se zaslepují pomocí zátek s měděným těsněním, které je odolnější vůči vyšším teplotám v porovnání s pryžovými, tkanými těsněními. Přívod a odvod oleje je zajištěn pomocí rychlospojkek od výrobce WALTHER-PRAEZISION. Pro zjištění teploty formy se využívají analogové teploměry, které jsou umístěny na viditelném místě pro obsluhu. Požadavkem zadávacího listu, je vytápění formy horkým olejem, který dále nepožaduje opatření nástroje teploměrem.



Obrázek 17 - Rozložení systému olejového obřevu

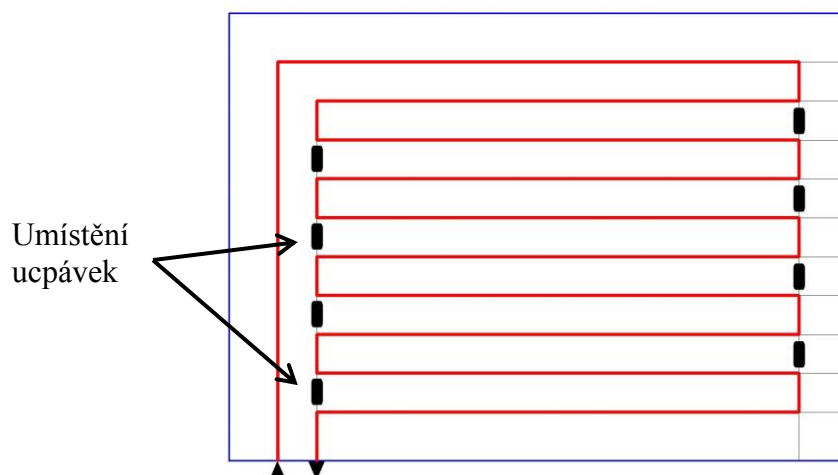
7.5.1 Varianty proudění topení

Z požadavků vyplívá potřeba použití vytápění pomocí horkého oleje. V této kapitole bude tedy navrženo několik možností proudění oleje nástrojem, jenž bude následně vyhodnocen. Pro zajištění optimálního ohřevu nástroje je nutné dodržovat výše zmíněné požadavky. Poloha přívodu a odvodu oleje je dána také zadávacím listem viz obrázek č. 15.



Obrázek 18 - Poloha vstupu a výstupu topného okruhu

Do nástroje bude vyvrtán potřebný počet děr pro vytvoření labyrintu topení. Pro optimální ohřev je třeba dodržet maximální vzdálenost mezi kanálky $80\div 100$ mm. Při vyšší vzdálenosti by mohlo dojít k nerovnoměrnému prohřátí bloku. Dále je také nutné počítat s ochlazováním způsobeným sáláním a přenosem tepla vedením do lisu (této problematice se věnuje samostatná kapitola). Pro snížení náročnosti při výrobě je zvoleno pouze vrtání ze dvou stran do bloku. Respektovat je třeba také ochlazování kapaliny přenosem tepla do bloku nástroje.

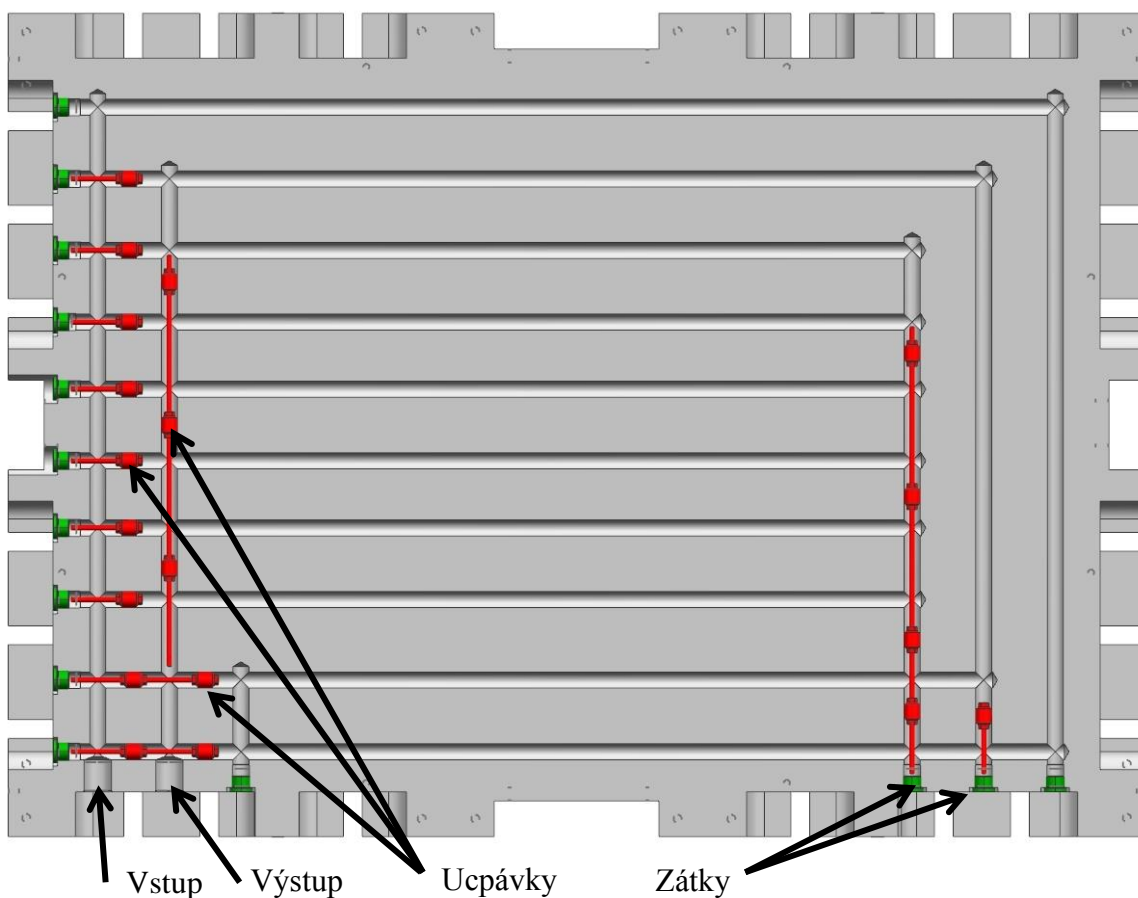


Obrázek 19 - Varianta A

Ve třetí navrhované variantě C je olej nejprve veden po obvodu celého nástroje a následně zpět po stejné trase směrem do středu nástroje, střed nástroje je poté vyplněn spirálovým vedením ve směru od obsluhy k výstupu topného okruhu. Pro dosažení požadovaného směru proudění této varianty je třeba použít více ucpávek než v předešlých případech, avšak výhodou je rovnoměrnější ohřev formy oproti předešlým variantám. Je třeba použít 2 dlouhé ucpávkové tyče a 10 kratších s jednou i dvěma ucpávkami. Pro tvorbu labyrintu je třeba vyvrtat dvakrát 1180 mm, 1100 mm a šest 1020 mm dlouhých děr v příčném směru. V podélném směru je nutné vyrobít díry v délkách dvakrát 830 mm, 750 mm a jedenkrát po 670 mm a 190 mm. Celková nutná délka vrtání u této varianty je 14 700 mm. Celková délka vrtání je tedy nejvyšší, což se nepříznivě ovlivní výrobní čas i cenu. Vzdálenost mezi jednotlivými kanálky je 80 mm a dochází tedy k nejrovnoměrnějšímu ohřevu nástroje.

Při srovnání všech tří variant vychází varianta C jako neoptimálnější řešení proudění topného oleje blokem nástroje. I přes vyšší potřebu vrtání a použití více ucpávkových tyčí je tato varianta nejvhodnější z důvodu tepelné roztažnosti materiálu. Vliv roztažnosti pinčovacího nástroje má výrazný vliv na přesnost vyráběného dílu. Menší vzdálenost mezi kanálky zajistí lepší prohřátí nástroje. Zvýšené výrobní náklady jsou tedy u této varianty vyváženy kvalitou výrobního procesu.

Na následujícím obrázku je vidět řez nástrojem v rovině topné soustavy. Součástí řezu jsou ucpávkové tyče a zátky. Červenou barvou je vytaženo proudění oleje skrz nástroj.



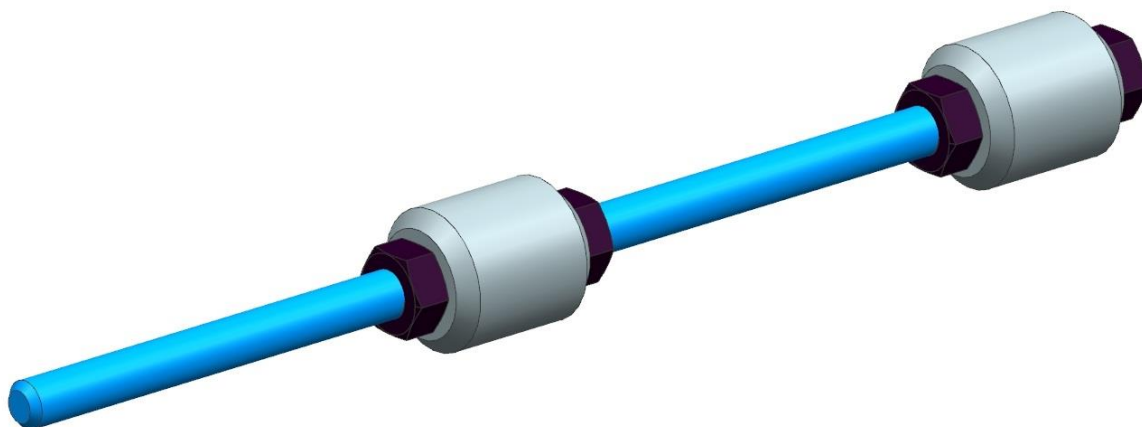
Obrázek 22 - Zvolená varianta proudění topné kapaliny

7.5.2 Řešení výroby

Požadavkem na výrobu je vrtání topných kanálů pouze ze dvou stran nástroje, tedy pouze jednoho otočení ve výrobním stroji. Při více otočeních by narůstaly výrobní časy a tedy i cena nástroje. Tento fakt byl při návrhu respektován. Průměr topných kanálů je dle zadavatele 18 mm. Pro zaslepení vrtaných otvorů jsou použity zátky se závitem G3/4“, proto musí být i nástroj opatřen tímto závitem pro uchycení zvolených zátek.

7.5.3 Části topné soustavy

Pro dosažení požadovaného proudění kapaliny je třeba v určitých místech zamezit oleji v průtoku daným průřezem. Toho se dá dosáhnout vložením ucpávek na požadovaná místa a tím kapalinu odklonit jiným směrem. Ucpávky jsou upevněny na závitové tyči, jež usnadňuje vložení na přesné místo a také jejich jednoduché vyjmutí z formy. Závitová tyč se závitem M6x1 je v nástroji použita v několika délkách. Ucpávky jsou zajištěny proti posunutí matkami M6 DIN 934 z každé strany a to v rozestupech 80 nebo 160 mm. Zajištění proudění zabezpečuje celkem 12 závitových tyčí s ucpávkami v pěti různých délkách. Nejkratší sestava ucpávek je umístěna na závitové tyči o délce 80 mm, krajní matice M6 DIN 934 je umístěna na konci závitové tyče a druhá matice na druhé straně ucpávky. Druhá závitová tyč je dlouhá 165 mm, první ucpávka je na konci a druhá 85 mm od konce. Závitová tyč o délce 460 mm má ucpávky umístěné ve vzdálenostech 20, 180 a 340 mm od kraje tyčky. U tyče o délce 500 mm jsou ucpávky umístěny 20, 180, 340 a 420 mm od konce.

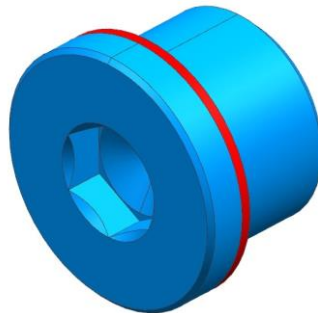


Obrázek 23 - Sestava ucpávek

Jednotlivé ucpávky jsou vyrobeny z ocelové tyčoviny. Tyč je soustružená na průměr 17,9 mm, provrtaná vrtákem o průměru 5 mm a následně rozřezána na délku 20 mm. Ucpávky neslouží k úplnému ucpání kanálku, ale pouze ke správnému směřování proudu oleje, vytvořením odporu pro proud oleje. Proto je vůle několik desetin mm mezi ucpávkou a nástrojem v tomto ohledu zanedbatelná. Hrany válečku je třeba srazit pro snadnější vedení ve vyvrtaných otvorech a zamezení zaseknutí v místě křížení kanálků. Velikost sražení je 2x45°.

Po vyvrtání topných kanálů zůstane neutěsněný vstup, proto je nutné jej vhodně utěsnit tak, aby olej tekł pouze po požadované trajektorii. Proudění v nástroji je zajištěno pomocí ucpávek, avšak vstup vrtání je třeba dokonale utěsnit. Utěsnění lze realizovat pomocí těsnících zátek. Zátky G3/4“ jsou nakupované komponenty od firmy Meusburger s katalogovým číslem E2076. Součástí zátek je i měděné těsnění. Tento druh těsnění je odolnější vůči vyšším teplotám než varianty látkové a pryžové. Tepelná odolnost je

požadována z důvodu vyšší pracovní teploty nástroje. Těsnění je na obrázku zvýrazněno červenou barvou.



Obrázek 24 - Zátka G 3/4" DIN 908 21

Přívod a odvod topného oleje se realizuje pomocí rychlospojek. Rychlospojky jsou výhodné pro rychlé a spolehlivé připojení systému temperační soustavy bloku nástroje s ohřívací jednotkou a čerpadlem. Dle zadavatele je třeba použít rychlospojky od firmy Walther Praezision s katalogovým číslem 11-019-2-WR533-AAAA. Tato verze rychlospojky je odolná až do teploty 310 °C. Součást je vyrobena z leštěné oceli a PTFE-Polytetrafluorethylenu, více známého jako Teflon. Pevná část spojky je připojena do bloku nástroje přes šroubení G1"-G1" dle normy DIN 2353 v místě vstupu a výstupu kapaliny do okruhu v nástroji. Druhá část spojky je upevněna na hadici u topného zařízení.

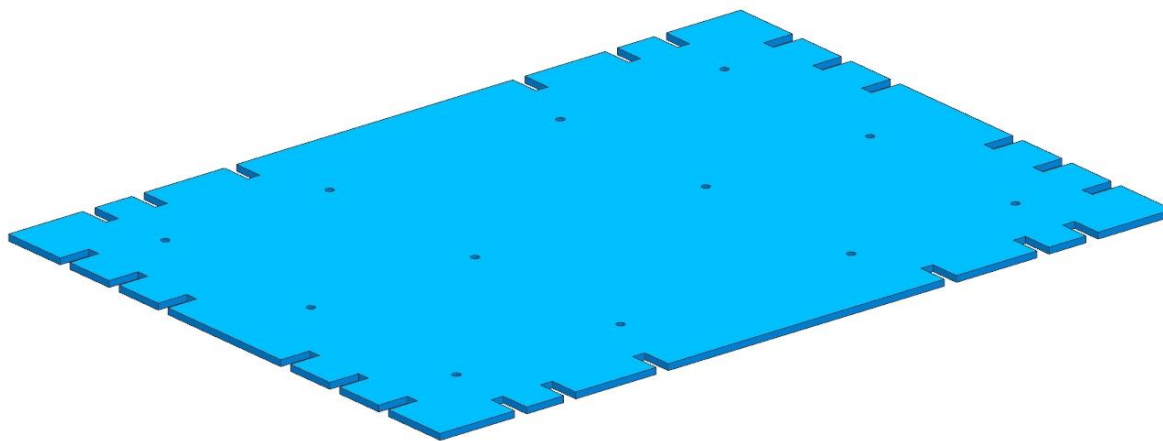


Obrázek 25 - Rychlospojka Walther [8]

Nástroj by mohl být dále vybaven teploměrem, přes který by bylo možné kontrolovat teplotu nástroje a proudící kapaliny v okruhu. V případě potřeby je možné dodatečně v nástroji vytvořit otvor pro zavedení teploměru. Další možností je použití některého z otvorů a místo zátky použít teploměr, avšak nebyla by zaručena dobrá viditelnost pro obsluhu. Zadavatelem nebyl teploměr požadován, a proto je předpokládáno, že měření teploty je zabezpečeno na topném zařízení.

7.6 Izolace nástroje

Pro snížení tepelných ztrát při topení je třeba nástroj izolovat vhodnou technologií od okolí materiálem s nízkou tepelnou vodivostí. Izolace nepříznivě ovlivňuje cenu formy, a proto je nutné najít optimální variantu. Nástroje se izolují dvěma druhy izolací. Izolační deskou, která je uložena mezi jednotlivými nástroji a lisovacím strojem a boční izolací, jež zamezuje ochlazování nástroje sáláním do okolí přes strany bloku. Hlavní vliv na izolační schopnosti mají desky, jelikož převod tepla vedením je mnohem větší než sáláním a také plocha mezi nástrojem a lisem je větší než boční plochy nástroje. Z tohoto důvodu je ekonomičtější volit izolaci pouze deskou. Izolační deska je také jednodušší na výrobu z důvodu tvarové jednoduchosti. Je třeba pouze do desky vytvořit díry pro průchod přídržovacích šroubů a vybrání pro upevňovací šrouby nástroje. U boční izolace má díl komplikovanější tvary z důvodu tvarové členitosti nástroje - upínací kapsy, vedení a spojky. Dále je nutné malé části izolace připevnit na nástroj pomocí několika menších šroubů. Tím vznikají zvýšené požadavky pro vrtání do nástroje. Ke snížení výrobních nákladů je zvolena pouze varianta izolace pomocí izolačních desek. Tuto variantu také požaduje zadavatel.



Obrázek 26 - Horní izolační deska

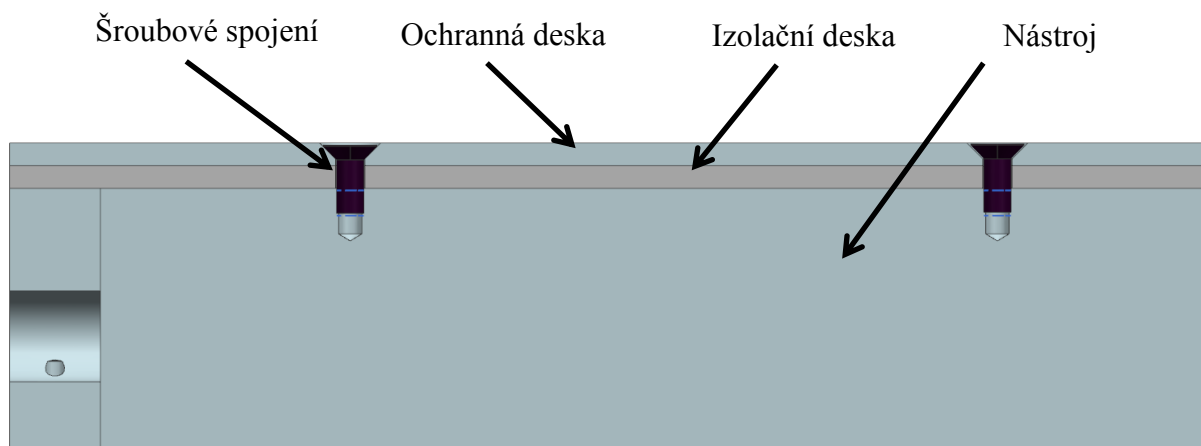
Izolační deska je k nástroji připevněna pomocí několika šroubů a krycí desky, jež zabezpečuje i ochranu izolace. Izolační deska je vyrobena z materiálu S 4000 od firmy Brandenburger. Tento izolační materiál se používá z důvodu vyšší pevnosti v tlaku a dvojnásobné izolační schopnosti oproti běžným izolačním deskám z UP pryskyřice.

7.7 Ochrana izolace

Izolační deska je vyrobena z křehkého materiálu a proto jí je nutné chránit proti poškození. Ochrana je zajištěna krytem z pevného a tvrdého materiálu, který kopíruje půdorysný tvar izolace. Materiál zvolený pro krycí desku je ocel třídy 11 dle ČSN, přesně ČSN 11 300. Není nutné volit pevnější a tím pádem i dražší materiál, který by zvyšoval finální cenu nástroje. Krycí deska slouží převážně na ochranu při manipulaci s nástrojem a zabránění defektům při neopatrném umístění do lisu nebo skladu. Deska bude vyráběna z plechu o tloušťce 10 mm. Kryt je opatřen otvory pro upevňovací šrouby.

Pro fixaci podkladových desek je možné použít jeden ze tří nejčastěji používaných způsobů upevnění. Mezi ty patří uchycení šroubem, šroubem v pouzdře a v pouzdře s pružinami. V běžných případech se používá uchycení pouze šroubem zapuštěným v ochranné desce. V případě, že je deska příliš nízká na to, aby se do ní mohl šroub zapustit,

použijeme uchycení šroubu v pouzdře. Tak je možné přichytit desku dostatečnou pevností i při nízké tloušťce desky. Použití pouzdra s pružinou se využívá v případě, kdy je nutné zajištění možné změny délky spojení. U toho nástroje bylo zvoleno nejjednodušší řešení - uchycení pouze šroubem z důvodu dostatečné tloušťky ochranné desky.



Obrázek 27 - Uložení šroubového spojení

Přípevnění je zajištěno šrouby M12x30 DIN 7991 se zápusťnou hlavou v počtu 12 kusů. Pro šrouby jsou v desce vyvrtány průchozí otvory o průměru 13 mm s kuželovým zahloubením 90° do hloubky 7 mm. Šrouby jsou rovnoměrně rozmístěny po nástroji v síti 4x3, kdy 4 šrouby jsou umístěny po delší straně nástroje. Všechny hrany desky je po obrobení třeba srazit z důvodu odstranění ořepů pro zajištění rovnoměrného dosednutí podkladové krycí desky na lis a izolaci.

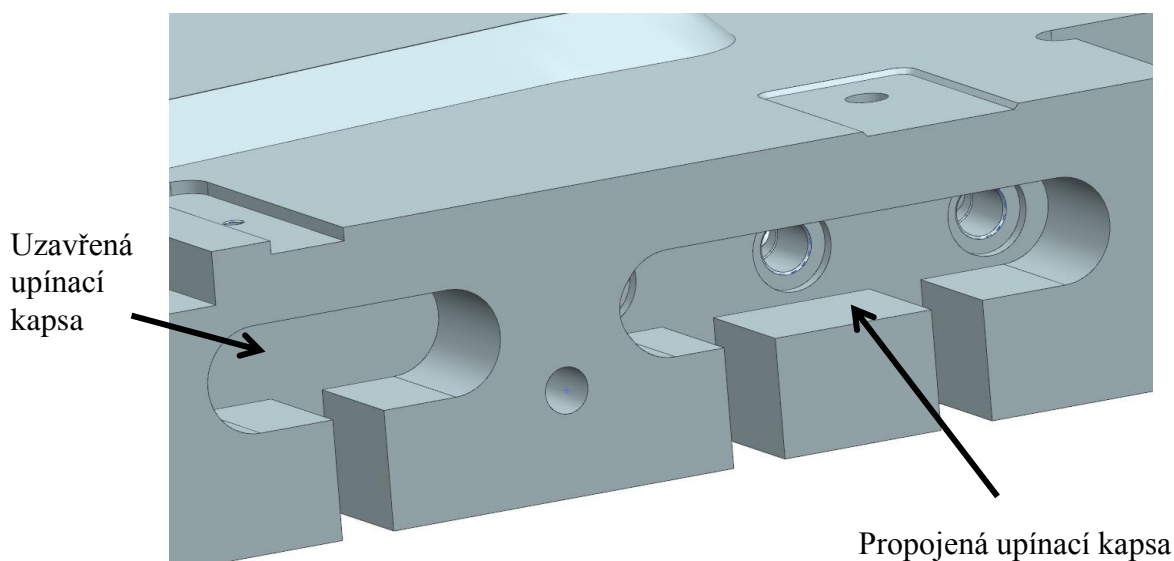
7.8 Upínací systém

Upínací systém slouží k upnutí nástroje do pracovního prostoru lisu a zajištění vzájemné polohy obou polovin nástroje. Upnutí však neslouží k přesnému ustanovení obou polovin nástroje vůči sobě, tuto funkci má, jak již bylo zmíněno v jedné z předcházejících kapitol, vedení nástroje. Upínací prvky se nacházejí na obou polovinách pinčovacího nástroje.

Jedná se o upínací kapsy s vybráním pro upevnění šroubů. Kapsy mohou být buď to uzavřené, nebo propojené. Uzavřená varianta obsahuje pouze jedno vybrání pro šroub a svou velikostí je určena pouze pro manipulaci s matkou z důvodu povolení či utažení. U kapes propojených se v jedné kapse nachází více vybrání pro šrouby a je v nich tedy více místa pro manipulaci, je však nutné obrobit více materiálu při výrobě. Zvolenou variantou jsou propojené upínací kapsy, ve kterých bude jednodušší výroba topných kanálků.

Jednotlivé kapsy jsou hluboké 50 mm a vysoké 40 mm s vnitřním rádiusem zaoblení 20 mm. Kapsy, v kterých jsou umístěny přívody a odvody oleje pomocí rychlospojek, mají výšku 50 mm z důvodu montáže šroubení a pevné části rychlospojky. Střed kapsy jsou umístěny 65 mm od krajů nástroje na straně lisu. Vybrání pro šrouby s šířkou 21 mm vede od kapes směrem ke kraji nástroje.

Nástroj je k lisu připevněn pomocí závrtných šroubů M20x125 DIN 6379, T-matic M20 DIN 508 a matic M20 DIN 934.



Obrázek 28 - Upínací kapsy nástroje

7.8.1 Analytický výpočet šroubového spojení

Šroubové spojení horní části nástroje je nutné zkontrolovat z důvodu statické únosnosti a zjistit, zda pevnostně vyhovují. Dřík šroubu je kontrolován na tah a matice na měrný tlak v závitech. Hmotnost nástroje byla spočítána pomocí programu NX na základě objemu každé součásti a přiděleného materiálu konkrétnímu dílu. Vypočtená hmotnost horního bloku pinčovacího nástroje je zaokrouhlena na celé číslo směrem nahoru 1077 kg. Ze strojnických tabulek byla vyčtena hodnota průměru $d_3=18,773$ mm, tento průměr je nejmenší na celé délce šroubu a střední průměr závitu $d_2=18,917$ mm. Výška matice je dle normy 14 mm. V nástroji je obsaženo 24 upínacích šroubů. Avšak při nerovnoměrném upnutí může dojít i k zatížení v nejzazším případě pouze 1 šroubu. Proto je vypočteno napětí i pro tento případ. Hodnoty jsou shrnuty v tabulce.

Popis	Zkratka	Hodnota	Jednotky
Hmotnost nástroje	m_n	1077	kg
Minimální průměr šroubu	d_3	18,773	mm
Počet šroubů	n	24	-
Kritický počet šroubů	n_{krit}	1	-
Stoupání závitu	p	1	mm
Střední průměr závitu	d_2	18,917	mm
Výška matice	h	14	mm
Dovolené napětí v tahu	σ_{DOV}	60	MPa
Dovolený tlak v závitu	p_D	20	MPa

Tabulka 2 – Shrnutí hodnot pro výpočet upínacích šroubů

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{m_n \times g}{n \times \frac{\pi \times d_3^2}{4}} = \frac{1077 \times 9,81}{24 \times \frac{\pi \times 18,773^2}{4}} = 1,58 \text{ MPa}$$

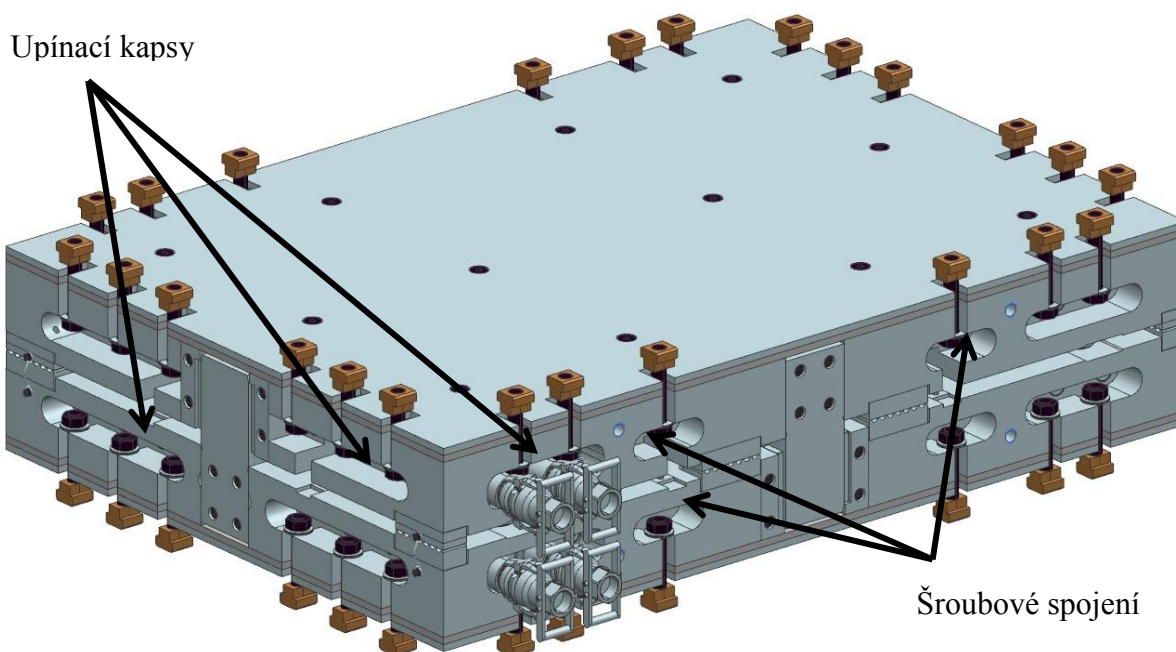
$$\sigma_{KRIT} = \frac{F}{S} = \frac{m_n \times g}{n \times \frac{\pi \times d_3^2}{4}} = \frac{1077 \times 9,81}{2 \times \frac{\pi \times 18,773^2}{4}} = 38,18 \text{ MPa}$$

$$P_z = \frac{F}{n \times S_z} = \frac{m_n \times g}{n \times \pi \times d_2 \times h} = \frac{1077 \times 9,81}{24 \times \pi \times 18,917 \times 14} = 0,53 \text{ MPa}$$

$$P_{zkrit} = \frac{F}{S_z} = \frac{m_n \times g}{\pi \times d_2 \times h} = \frac{1077 \times 9,81}{\pi \times 18,917 \times 14} = 12,69 \text{ MPa}$$

Rovnice 2 - Výpočty upnutí nástroje

Výsledné napětí je 38,15 MPa u namáhání na tah a tlak 12,69 MPa. Obě hodnoty tedy vyhovují maximálním dovoleným 60 MPa v tahu respektive 20 MPa u otláčení. Z vypočtených hodnot je patrné, že i při špatném dotažení nástroj udrží i jedno šroubové spojení. V reálném případě však tento případ takřka nenastane. V ideálním případě, kdy všechny šrouby budou dotaženy stejně, by výsledné napětí bylo 1,58 MPa v tahu a 0,53 MPa v tlaku u závitu. Reálné napětí se bude pohybovat v rozsahu vypočtených hodnot. Šroubové spojení vyhovuje.

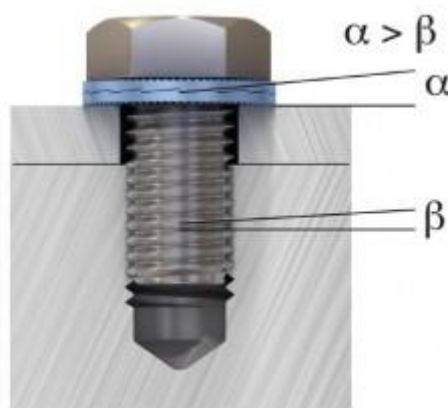


Obrázek 29 - Upínací systém nástroje

Na obrázku je vyobrazen upínací systém nástroje. T matice zapadají do drážek lisu a matice v lisu je vhodné dotáhnout momentovým klíčem na stejnou hodnotu, aby došlo k rovnoměrnému zatížení izolační desky a nedošlo k poruše vlivem deformace.

Aby nedošlo k povolení upínacích šroubů, je třeba je zajistit. Prvním způsobem může být použití pružné podložky, podložky s jazýčkem, závlačky nebo podložky Nord-Lock. Podložky Nord-Lock zajišťují šroubové spojení pomocí závěrného klínu, nikoli třením jako je to u jiných druhů podložek. Tento typ zajištění se využívá tam, kde je nutná naprostá spolehlivost proti povolání spoje, například v energetice, dopravě kamenolomy a jiné. Podložky se vyrábějí i v rozšířené variantě pro použití na velkých, drážkových otvorech nebo při užití měkkých materiálů. Z důvodu opření podložky pouze ze dvou stran je zvolena tato širší varianta.

Aby podložka správně fungovala, je nutné, aby rozdíl mezi úhlem klínu α byl větší než úhel závitu β , pak se začne dvojice podložek rozepínat více než je odpovídající stoupání závitu.



Obrázek 30 – Princip funkce podložek Nord-Lock

Radiální zuby zajistí, že k posunu může dojít pouze na klínových plochách šroubového spojení a nikoli mezi spojovanou součástí, maticí a hlavou šroubu. Přírůstek svěrné síly při pootočení zamezí uvolnění matice a zaručí samojistnost spoje. Spoj je tím pádem odolný proti vibracím a dynamickému namáhání.

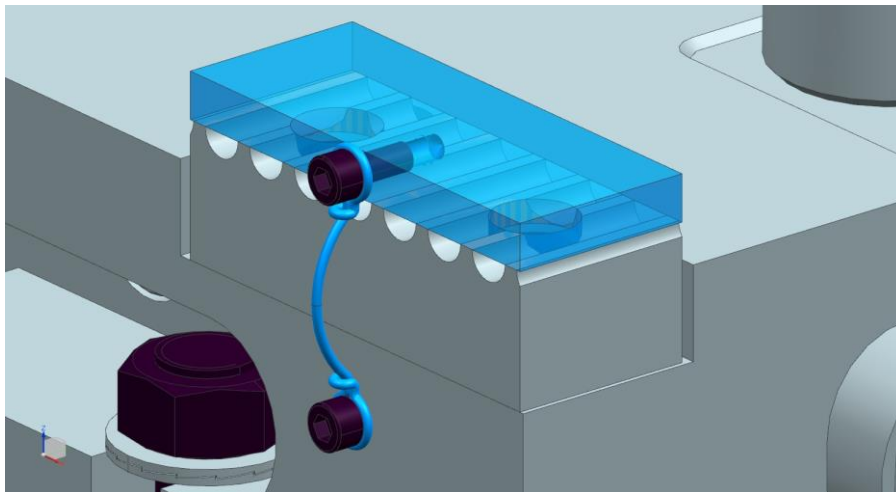
Mezi výhody systému Nord-Lock je zajištění vysoké svornosti, rychlé a snadné montáže a demontáže při použití standartních nástrojů. Dále samojistnost není ovlivněna mazáním, má stejné tepelné vlastnosti jako standartní šroub s maticí. Součásti jsou opakovaně použitelné a odolávají velkým zatížením díky kalené struktuře. Součástky Nord-Lock je možné použít se spojovacími součástmi do třídy pevnosti 12.9 (ASTM A574) a jsou vysoce odolné vůči korozi.

V nástroji jsou použity ocelové podložky Nord-Lock pro šrouby M20 v rozšířené variantě NL20sp. Tloušťka podložek je 3,4 mm a vnější průměr 39 mm.

7.9 Transport

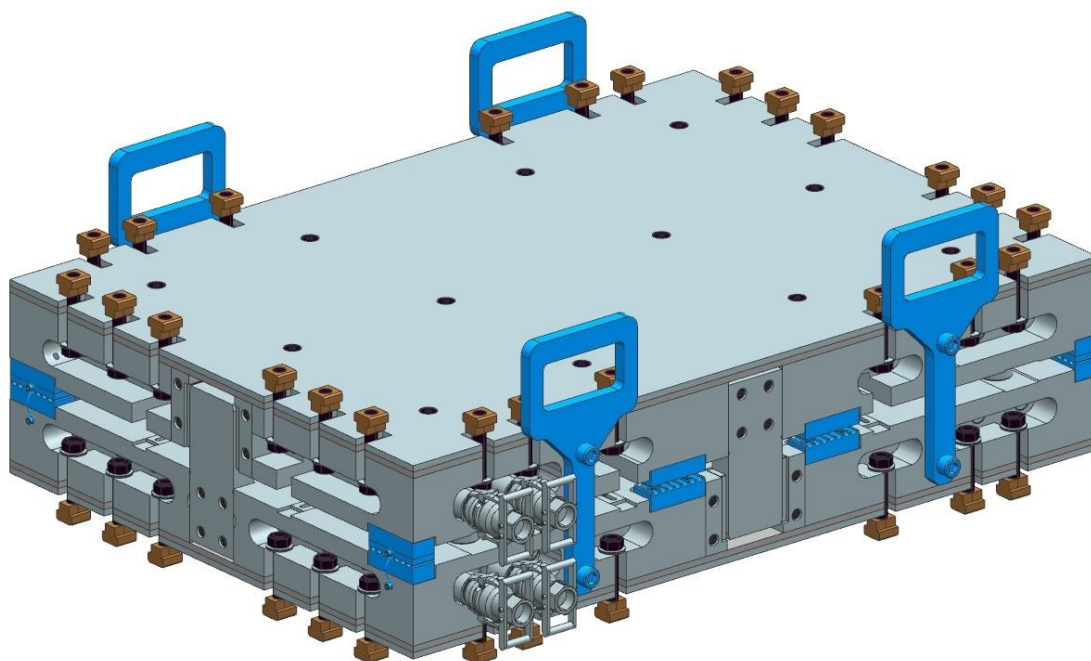
Pro založení pinčovacího nástroje do lisu je nutné jej opatřit transportními prvky. Dále je nutné nástroj uzpůsobit pro transport tak, aby nedošlo k poškození jeho částí. Nástroj je také nutné zajistit v kompaktním stavu pro zamezení rozpojení částí nástroje při manipulaci pomocí jeřábu nebo vysokozdvizného vozíku a proti následnému pádu.

Pro zajištění ochrany pinčovací hrany musí být uzpůsobeno její odlehčení, proto se na dorazy připevní transportní destičky a dojde tak k odsazení hrany. Toto odsazení zabrání odštípnutí části pinčovací hrany při neodborné manipulaci a rázech při transportu. Transportní destičky jsou vyrobeny z plechu o tloušťce 15 mm, pro zajištění na dorazech mají plechy ze spodní strany vyfrézované válcové výstupky o průměru 18 mm a výšce 5 mm. Výsledné odlehčení pinčovací hrany je 10 mm. Aby nedošlo ke ztrátě transportních destiček, je použito drátku připevněného pomocí šroubů M6x14 DIN 912 ke spodnímu bloku nástroje.



Obrázek 31 - Uložení transportní destičky

Pro spojení obou polovin nástroje je nutné nástroj opatřit transportními prvky, které zajistí nástroj, aby se poloviny nástroje vzájemně fixovaly. K tomu účelu nejlépe vyhovuje pásová ocel s otvory pro šrouby k připevnění k jednotlivým blokům nástroje.



Obrázek 32 - Transportní prvky

Pro upevnění nástroje na vysokozdvizný vozík se používají samonosná transportní oka nebo transportní pásy s oky. Při použití samostatných transportních ok je nutné na horním bloku nástroje vytvořit další otvory se závity pro jejich připevnění. Každé oko je vyrobeno z několika silných plechů, které je nutné svařit do požadovaného tvaru a dále je třeba použít transportních pásů pro spojení nástroje.

Kdežto transportní pásy s oky jsou vyrobeny z jednoho kusu ocelového plechu a není nutné je dále svařovat. Dále pro připevnění se používají pouze otvory v transportním pásu. Použití transportních pásů s oky je ekonomicky výhodnější a je i snazší montáž a demontáž na nástroj než použití transportních pásů a transportních ok.

Transportní pásy jsou vyrobeny z plechu o tloušťce 20 mm. Otvory jsou 150x75 mm velké. Pro připevnění k nástroji je použito šroubů M20x50 DIN 912, proto jsou v pásech vyvrtány otvory o průměrech 21 mm.

Spojení je nutné zkontrolovat z hlediska únosnosti. Hmotnost horní poloviny nástroje je dle výpočtu hmotnosti pomocí softwaru NX po zaokrouhlení na desítky kilogramů 1180 kg. Váha spodní poloviny nástroje je 1210 kg. Pro výpočet pevnosti šroubů bude počítáno s těžší dolní polovinou nástroje. Maximální dovolené napětí je určeno dle Příručky strojního inženýra na 40 MPa ve stříhu a 10 MPa v otláčení.

Popis	Zkratka	Hodnota	Jednotky
Hmotnost dolní poloviny nástroje	m	1210	kg
Minimální průměr šroubu	d	18,773	mm
Počet šroubů	n	4	ks
Maximální dovolené napětí	τ_D	40	MPa
Tloušťka plechu	t	20	mm
Dovolený tlak	p_D	10	MPa

Tabulka 3 – Shrnutí hodnot pro výpočet transportních šroubů

$$\tau = \frac{F}{S} = \frac{m \times g}{n \times \frac{\pi \times d^2}{4}} = \frac{4 \times 1210 \times 9,81}{4 \times \pi \times 18,773^2} = 10,7 \text{ MPa}$$

$$p_D = \frac{F}{S_D} = \frac{m \times g}{n \times d \times t} = \frac{1210 \times 9,81}{4 \times 20 \times 20} = 7,4 \text{ MPa}$$

Rovnice 3 - Výpočet střížného napětí

Vypočtené střížné napětí je takřka 4 krát nižší než maximální dovolené napětí. I v případě otláčení šroubu v otvoru transportního pásu je vypočtené napětí nižší než dovolené. Uchycení transportních pásů tedy vyhovuje.

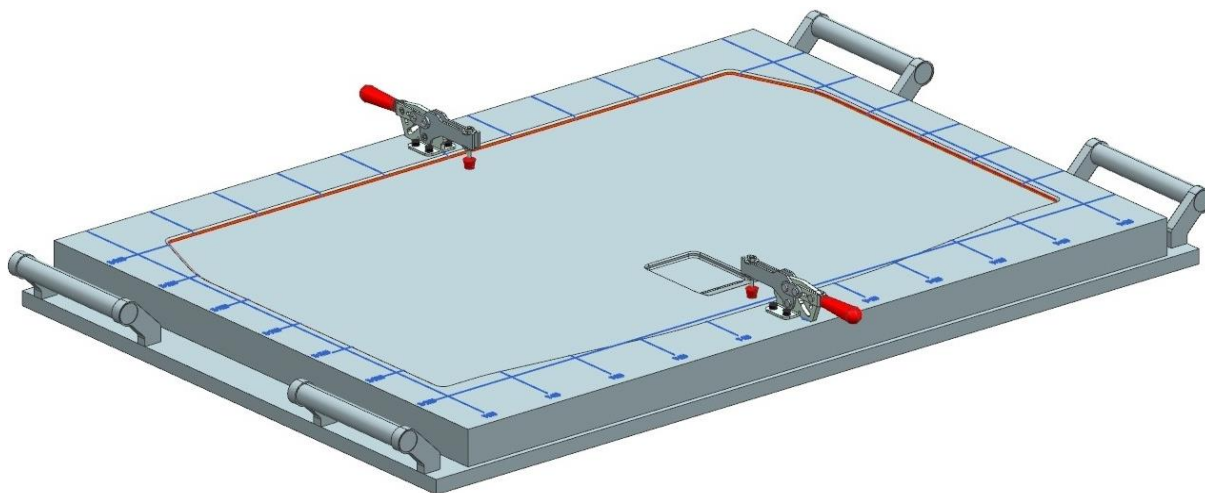
8 Kontrola vyrobeného dílu

Díly vyrobené v nástroji je nutné kontrolovat podle požadavků zadavatele a musí splňovat požadovanou přesnost. Pro zajištění kontroly všech dílů se používá kontrolních přípravků. Takto se u dílů provede kontrola hranic dílu a tloušťka v určitých pozicích.

Kontrolu provádí dělník vizuálně po umístění dílu do formy a následného zafixování pomocí svorek. Pro jednoduchou a účelnou vizuální kontrolu je kontrolní nástroj opatřen ryskami tolerancí. Vzniklé chyby je třeba na díle pozičně lokalizovat. Aby byla manipulace s kontrolním nástrojem co nejjednodušší, musí obsahovat manipulační prvky, vhodně zvolené vůči hmotnosti sestavy.

8.1 Kontrolní deska

Blok kontrolního nástroje je vyroben z tzv. umělého dřeva, NECURON 690. Tento materiál se vyznačuje nízkou hustotou konkrétně $0,7 \text{ g/cm}^3$ a také snadnou obrobiteľnosť. Bloky kontrolního nástroje jsou složeny z bloků o rozměrech 1500x500x50 mm a následně opracovány na polotovar 1100x800x50 mm. Při lepení více desek na sebe je nutné provést převazbu desek mezi jednotlivými vrstvami, tak aby se zvýšila pevnost mezi jednotlivými deskami. Lepidlo pro spojení jednotlivých bloků je součástí objednávky při nákupu desek.

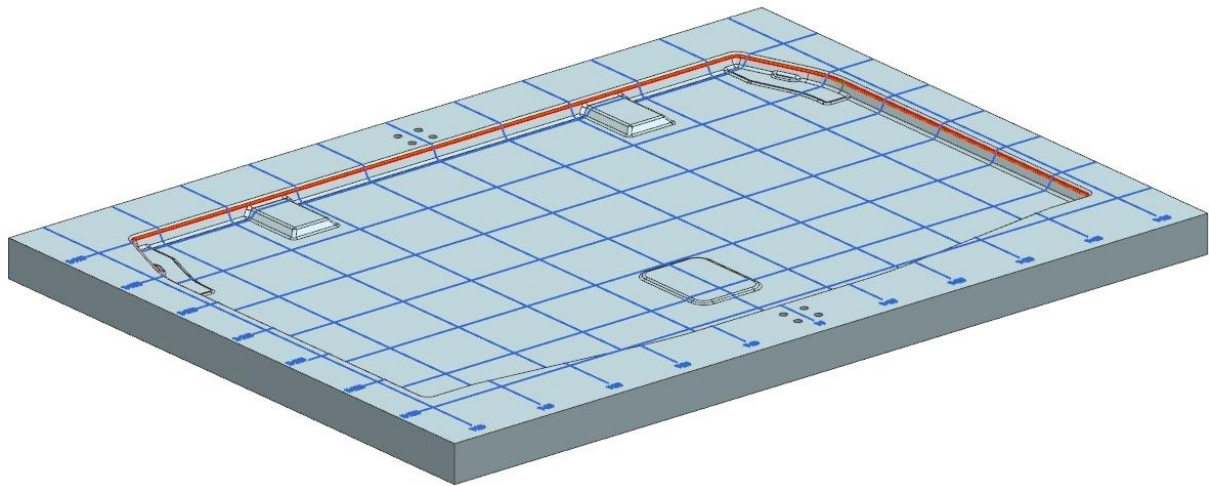


Obrázek 33 - Kontrolní nástroj s vloženým dílem

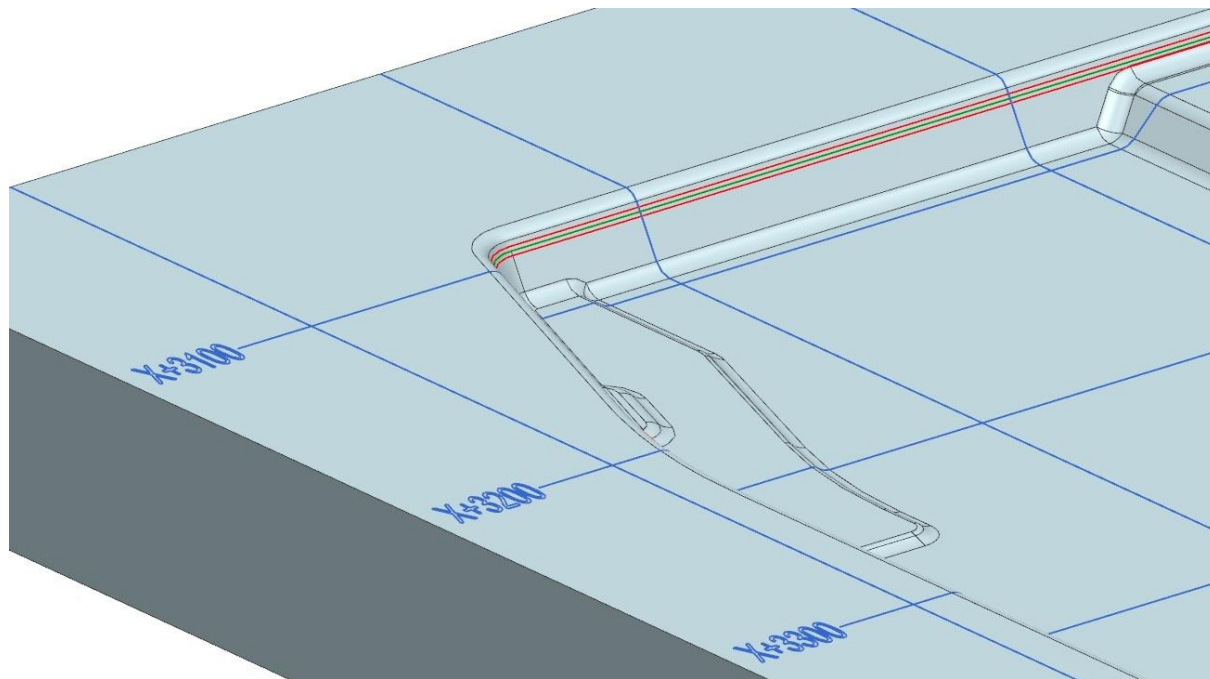
Spojené bloky se po zatvrdnutí obrobí na požadovaný půdorysný rozměr a tvar dílu podle dat CAD modelu dílu. Hrana okolo negativu modelu je zaoblena rádiusem 4 mm, pro zvýšení životnosti nástroje z důvodu odštípnutí hrany. Dále jsou v nástroji vyvrtány otvory pro přichycení svorek a připevnění k podkladové desce. Otvory pro uchycení svorek jsou vyvrtány z horní strany v ose delší hrany. Vyvrtané díry jsou čtyři pro každou svorku a jejich průměr činí 8 mm. Uchycení svorek je zabezpečeno šrouby M6x20 DIN 912 přes vložky M6x14 AN 9058. Tyto vložky slouží pro připevnění klasických šroubů s metrickým závitem do měkkých materiálů, jež by neunesli zatížení. Rozdílem oproti metrickému závitu je samořezný závit s větším stoupáním a průměrem, než má šroub. Ze spodní strany desky je vyvrtáno celkem šest otvorů rovnoměrně rozmístěných po celé ploše a jejich průměr je také 10 mm. Připojení k nosné desce je realizováno pomocí šroubů M8x25 DIN 912, které jsou

do Necuronu připevněny přes vložky M8x15 AN 9058. Použití závitových vložek je nutné, aby nedocházelo k případnému vylomení šroubů z materiálu NECURON 690.

Na kontrolní desce je vytvořen rastr a toleranční pole. Kontrolní rast slouží pro případnou lokalizaci chyb na díle z důvodu zpětné vazby s konstruktérem formy. Jedná se o čtvercovou síť po 100 mm značenou od počátku souřadného systému modelu dílu. Jednotlivé osy jsou popsány popiskami pro jejich snadnou identifikaci. Celý rastr včetně popisků je na obrázku vyznačen modrou barvou (viz obr. 28). Pro zjištění vnějších rozměrů vyráběného dílu je na kontrolní desce vyznačen ideální rozměr po obvodu součásti. Tato ryska je vyznačena zelenou barvou (viz obr. 29). Pro zajištění kontroly maximální tolerance dílů je třeba okolo rysky ideálního rozměru vyznačit i toleranční pole. Požadavkem zadavatele je maximální tolerance 1 mm na obvodě dílu. Tuto toleranci tedy vyneseme na horní i dolní stranu ideálního rozměru. Na díle jsou tyto rysky v červené barvě (viz obr. 29). Aby díl vyhovoval toleranci, musí být horní toleranční ryska vidět po celém obvodu a současně nesmí být viditelná dolní toleranční mez. Detail tolerančních rysek je vidět na obrázku č. 29 na následující stránce.



Obrázek 34 - Kontrolní deska s rastrem a tolerančním polem



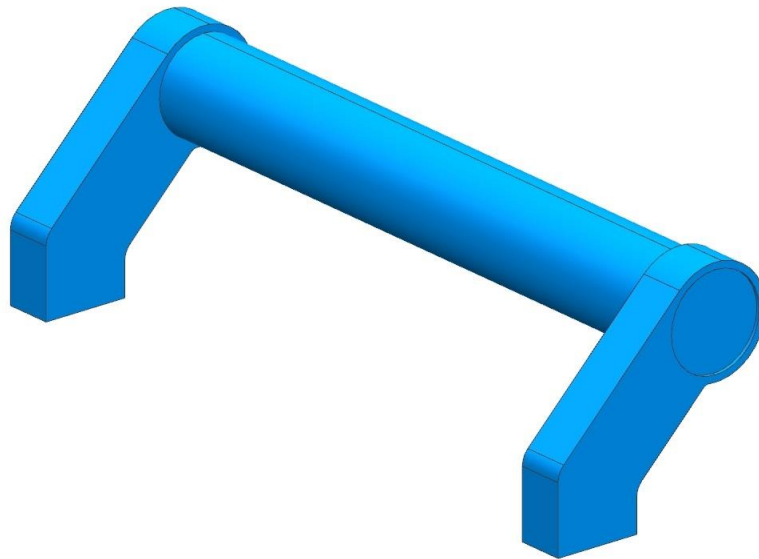
Obrázek 35 - Detail rastru kontrolního nástroje

Na detailu obrázku je vidět rastr, který kopíruje povrch kontrolního nástroje i v místech, kde bude umístěn kontrolovaný díl. Tvorba rastru byla vytvořena natažením čtvercové sítě nad model a následně promítnuta pomocí funkce Projected Curve, čímž je zajištěno přesné promítnutí podél osy, v tomto případě osy Z. Toleranční pole bylo vytvořeno funkcí Offset in Face a jako výchozí křivka byla zvolena hrana plochy dílu. Vzdálenost Offsetu byla zvolena 0 mm - ideální rozměr. Jako plocha byla vybrána celá deska. Pro vytvoření tolerance byla znovu použita funkce Offset in Face, tentokrát se vzdálenostmi 1 mm jak v kladném, tak záporném směru. U jednotlivých křivek se následně změnili barvy pro odlišení - zelená barva pro ideální rozměr a červená pro maximální toleranci dílu.

8.2 Ostatní části kontrolního nástroje

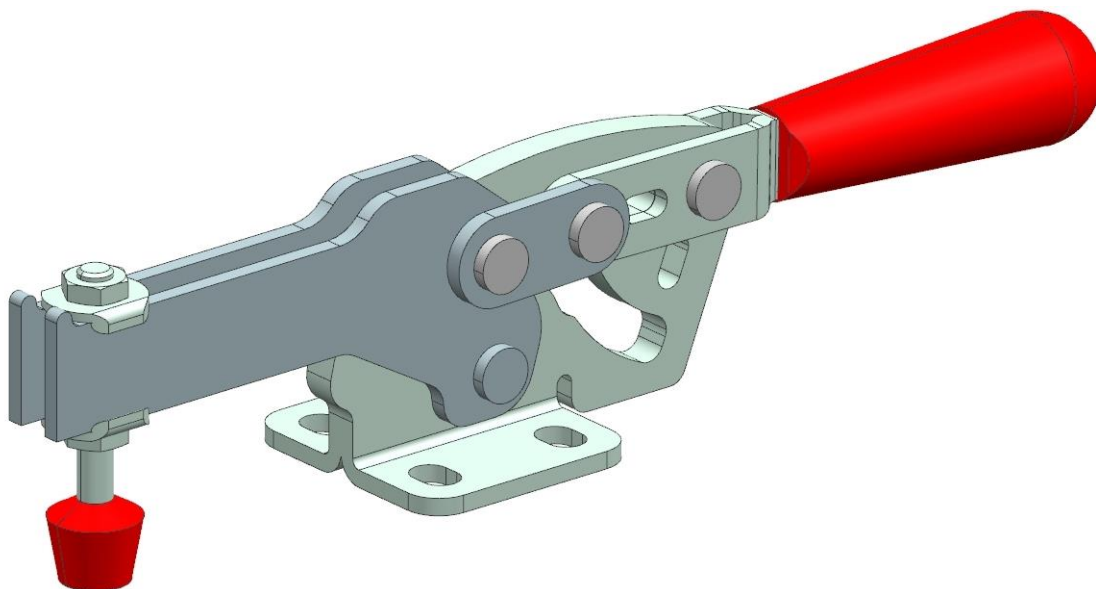
Při použití lehkého materiálu pro tvorbu kontrolní desky nástroje je možné zvolit pro manipulaci ruční madla místo umístění na rám s kolečky nebo s prvky na přepravu pomocí jeřábu či vysokozdvizného vozíku. Hmotnost obrobeného bloku byla pomocí NX vypočtena na 29 kg. Blok kontrolního nástroje je umístěn na nosnou desku o tloušťce 20 mm z hliníku o hustotě 2700 kg/m^3 s rozměry 1200x800 mm a hmotností 53 kg. Možnou alternativou místo hliníkové desky může být dubové dřevo s hustotou 670 kg/m^3 a výslednou váhou 12,8 kg. Při použití železa, které má hustotu 7850 kg/m^3 , je hmotnost nosné desky 150,7 kg. Tato hmotnost je pro ruční manipulaci již nepřijatelná. Zvolena je tedy varianta nosné desky z hliníku AlMg3 - ČSN 424413.

Pro manipulaci s kontrolním nástrojem slouží madla Madler 66650502. Madla jsou po dvou upevněna na protilehlých koncích nosné desky tak, aby byla možná manipulace dvěma dělníky. Vzdálenost středů úchytek byla zvolena 540 mm od sebe. Tato vzdálenost je optimální, jelikož ruce dělníka nebudou zbytečně rozpažené či u sebe, přenášení tak bude komfortnější. Úchopová část madla má délku 200 mm a průměr trubky 28 mm. Jednotlivá madla jsou k nosné desce přišroubována pomocí dvou šroubů M8x25 DIN 912 a jsou nakoupena od výrobce MADLER.



Obrázek 36- Madlo Madler

Pro přichycení dílu v kontrolním nástroji byly použity svorky Destaco 2017. Tyto svorky zajistí přesnou pozici kontrolované dílu. Přesná pozice je důležitá pro správné určení, zda díl splňuje požadované tolerance přesnosti. Svorky jsou umístěny na delších stranách nástroje ve středu kontrolní desky, tím je zajištěno rovnoměrnější přitlačení dílu, než by vyvolala jedna svorka. Jednotlivé svorky jsou připevněny ke kontrolní desce pomocí šroubů M6x20 DIN 912 přes závitové vložky M6 AN9058.



Obrázek 37- Svorka Destaco 2017

Svorky jsou nakupované u výrobce Destaco. Svorky jsou opatřeny funkcí Toggle Lock Plus, jenž zajistí svorku v pracovní pozici a zabezpečí je proti náhodnému uvolnění dílu. Dále je u svorky možné nastavit přepětí až do síly 2490N. Tato hodnota však nemůže být dosažena v kombinaci s uložením v umělém dřevě. Snadná manipulace je zajištěna zvětšenou rukojetí oproti jiným druhům svorek od tohoto výrobce.

9 Závěr

Cílem práce bylo navržení výrobního nástroje pro zadaný díl a také kontrolní nástroj pro následnou kontrolu vyrobeného dílu. Součástí návrhu je i výkresová dokumentace sestavy a spodního bloku nástroje.

Sekací nástroj byl rozdělen na dvě poloviny – horní a spodní. Ve spodní polovině je obsažena pinčovací hrana. V obou polovinách nástroje jsou dále tvarové plochy dílu, kdy v horní části sekacího nástroje je tvarová plocha vyjímatelná z důvodu předpokladu změny tvaru dílu v těchto místech. Každá polovina je opatřena středícími elementy pro zajištění přesné vzájemné polohy. Dále je nástroj opatřen dorazy nástroje a také materiálovými dorazy pro přesné založení polotovaru do nástroje. Dorazy a vedení nástroje jsou interní s důvodu úspory zástavbových rozměrů a snížení počtu dílů nástroje.

Nástroj je dále v obou polovinách opatřen temperanční soustavou pro ohřev formy za účelem zvýšení plasticity a zvýšení provázanosti jednotlivých složek vyráběného dílu. Proudění je realizováno v topných kanálcích vedených nástrojem tak, aby bylo dosaženo co nejrovnoměrnějšího ohřevu.

Bylo provedeno několik výpočtu pro zjištění pevnosti šroubového spojení u horní poloviny v nástroji. Vypočtené hodnoty byly jak v kritických případech tak i v ideálních pod maximálním dovoleným napětím a vyhovují tedy požadavkům.

Kontrolní nástroj byl navržen s ohledem na požadavky definované v zadávacím listu. Mezi požadavky patřilo vytvoření rastru pro lokalizaci případně vzniklé vady na dílu a dále tvorba tolerančního pole po obvodu dílu. Kontrolní nástroj byl zkonstruován tak aby bylo možné jej přenést za pomoci dvou osob.

Použitá literatura

- [1] HOSNEDL, S., KRÁTKÝ, J. Příručka strojního inženýra 1. Praha: Computer Press, 1999
- [2] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky. Úvaly: ALBRA. 2005

Elektronické zdroje

- [3] HYNEK, M. Lisovací nástroje
- [4] HYNEK, M. Pinčovací nástroje
- [5] HYNEK, M. Kontrolní přípravky
- [6] www.meusburger.com
- [7] www.hasco.com
- [8] www.walther-precision.de
- [9] www.de.sankyo-oilless.com
- [10] www.dimer-ing.cz
- [11] www.nord-lock.com/cs
- [12] www.destaco.com
- [13] info.maedler.de
- [14] www.necumer.de
- [15] www.proal.cz

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Zadané plochy modelu.....	9
Obrázek 2 - Dolní blok nástroje	10
Obrázek 3 – Horní blok nástroje	10
Obrázek 4 - Tvarová vložka horního nástroje.....	11
Obrázek 5- Sestava pinčovacího nástroje.....	11
Obrázek 6 - Rozměry pinčovací hrany.....	12
Obrázek 7 - Pinčovací hrana spodního nástroje	13
Obrázek 8 - Středící meč s vedením.....	14
Obrázek 9 - Středící čep	15
Obrázek 10 - Dorazy v sestavě nástroje	15
Obrázek 11 - Model dolního dorazu	16
Obrázek 12 - Model horního dorazu	16
Obrázek 13 - Model materiálového dorazu.....	17
Obrázek 14- Umístění materiálového dorazu v sestavě	17
Obrázek 15 - Rozložení systému parního ohřevu	18
Obrázek 16 - Rozložení systému elektrického ohřevu.....	19
Obrázek 17 - Rozložení systému olejového ohřevu.....	19
Obrázek 18 - Poloha vstupu a výstupu topného okruhu.....	20
Obrázek 19 - Varianta A	20
Obrázek 20 - Varianta B.....	21
Obrázek 21 - Varianta C.....	21
Obrázek 22 - Zvolená varianta proudění topné kapaliny	22
Obrázek 23 - Sestava ucpávek	23
Obrázek 24 - Zátka G 3/4" DIN 908 21	24
Obrázek 25 - Rychlospojka Walther [8]	24
Obrázek 26 - Horní izolační deska	25
Obrázek 27 - Uložení šroubového spojení	26
Obrázek 28 - Upínací kapsy nástroje	27
Obrázek 29 - Upínací systém nástroje.....	28
Obrázek 30 – Princip funkce podložek Nord-Lock	29
Obrázek 31 - Uložení transportní destičky.....	30
Obrázek 32 - Transportní prvky	30
Obrázek 33 - Kontrolní nástroj s vloženým dílem	32

Obrázek 34 - Kontrolní deska s rastrem a tolerančním polem.....	33
Obrázek 35 - Detail rastru kontrolního nástroje	34
Obrázek 36- Madlo Madler	35
Obrázek 37- Svorka Destaco 2017	35

Seznam tabulek

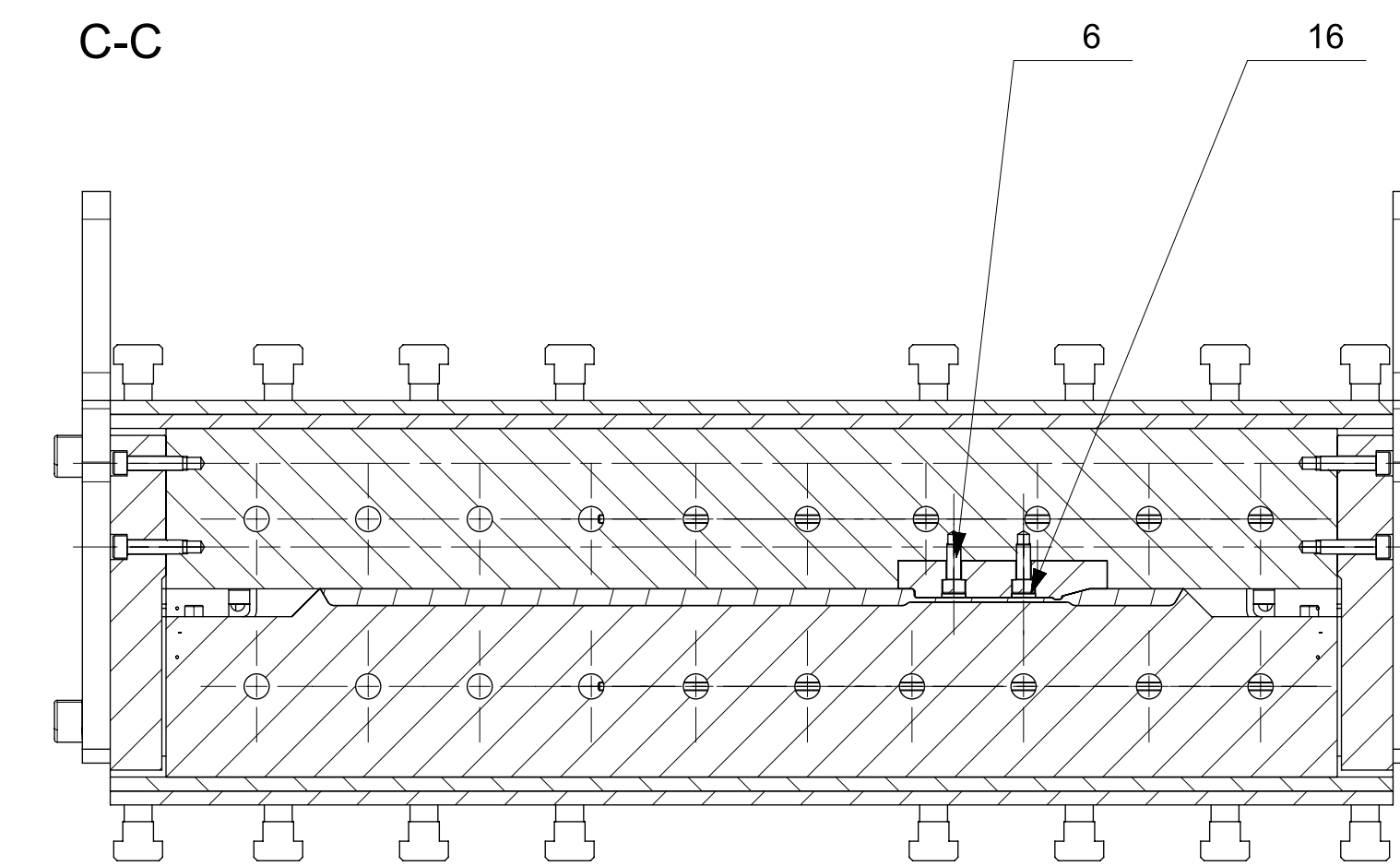
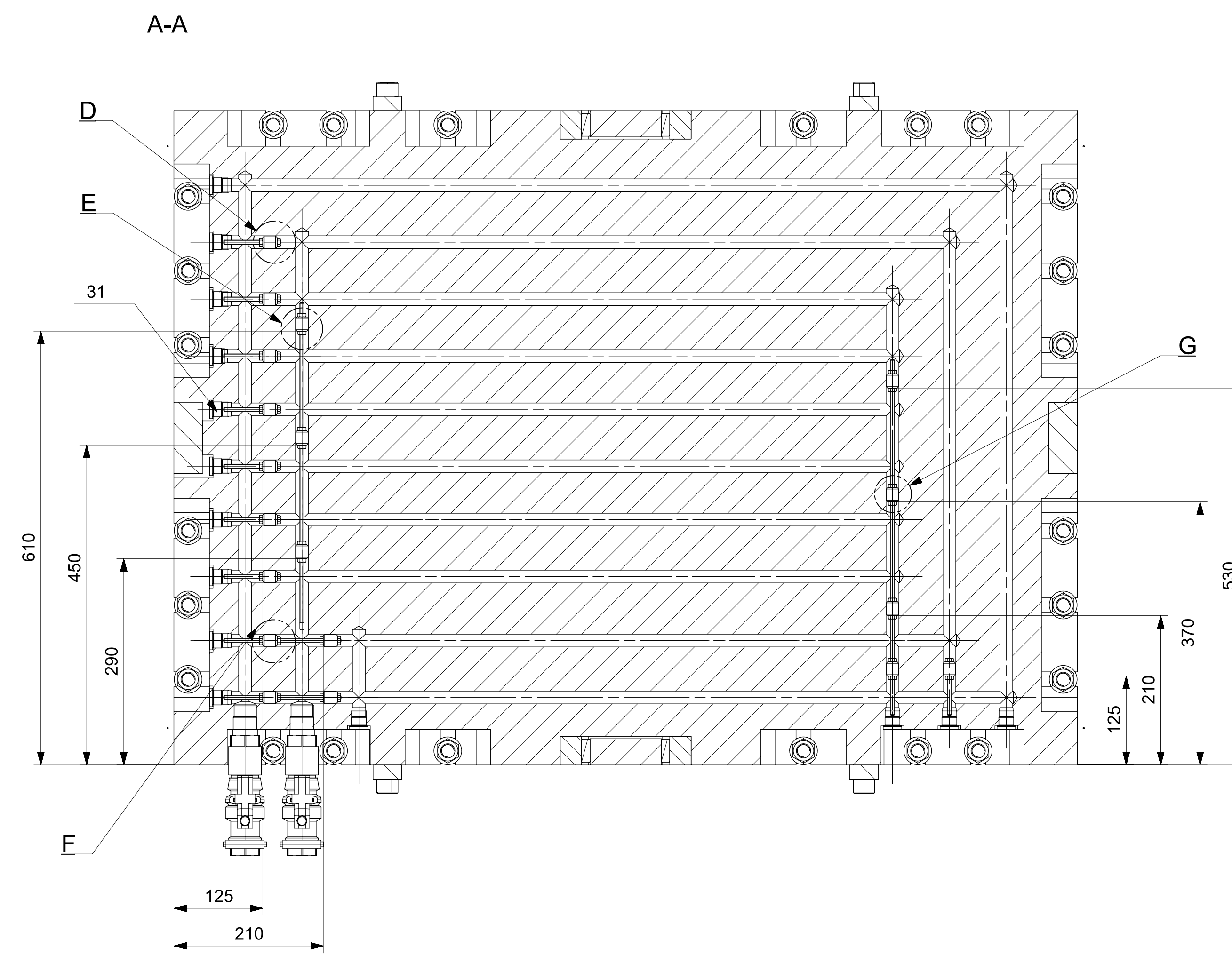
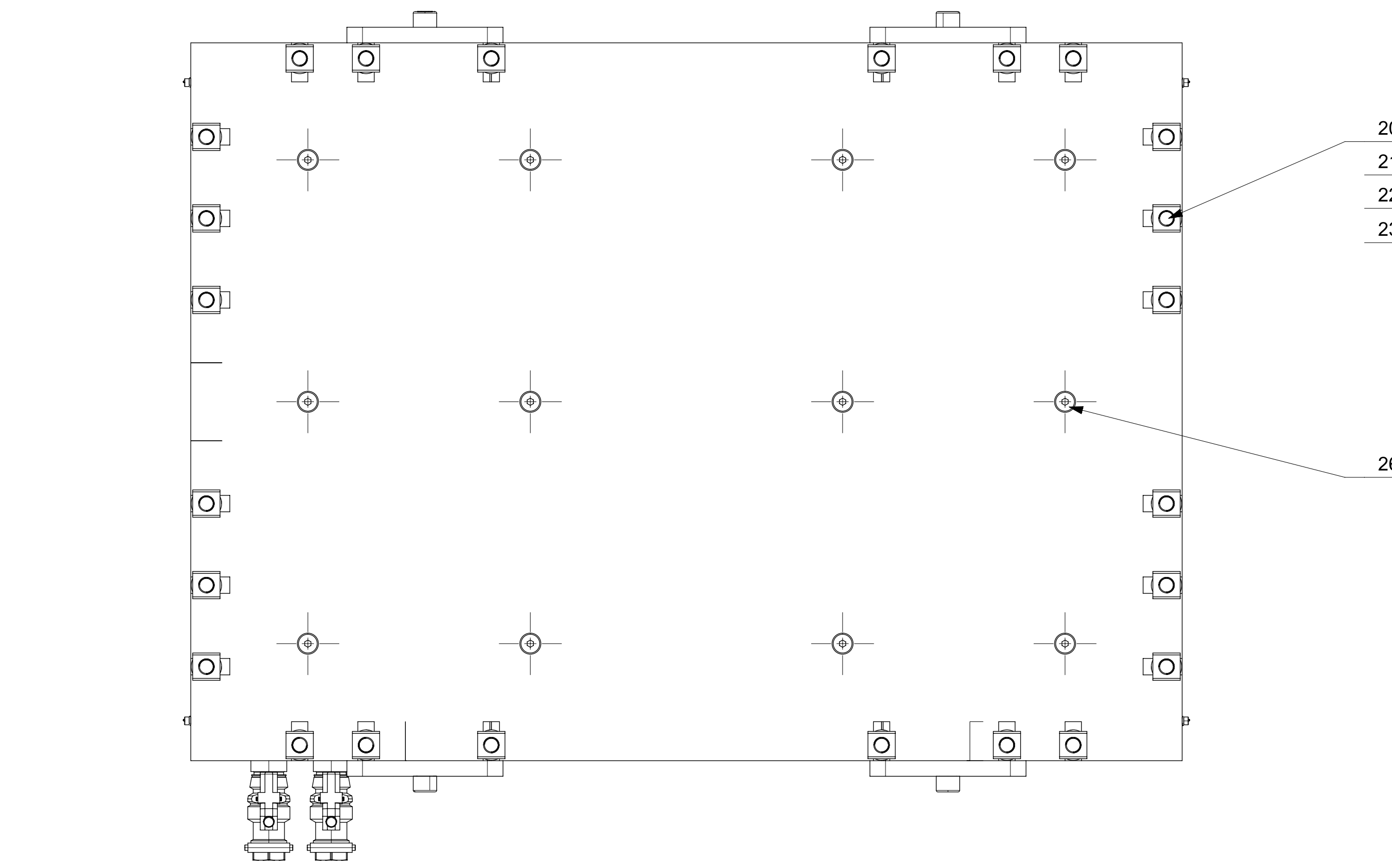
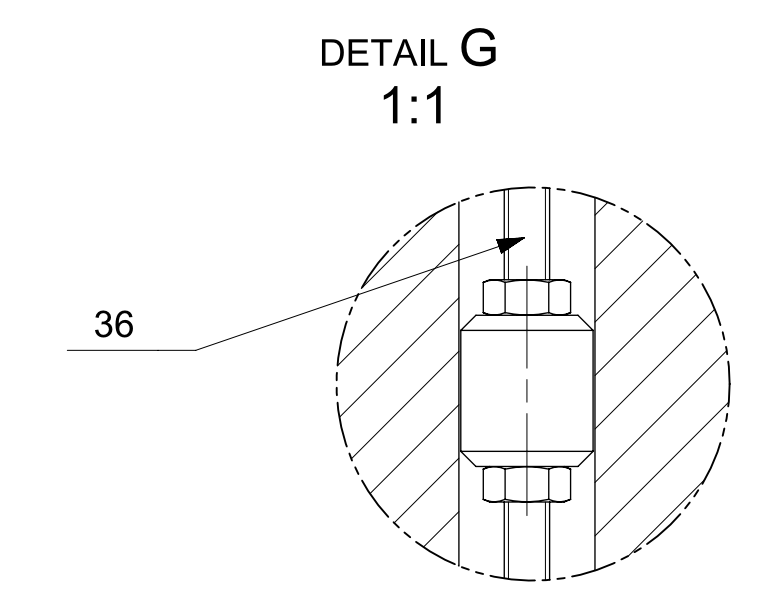
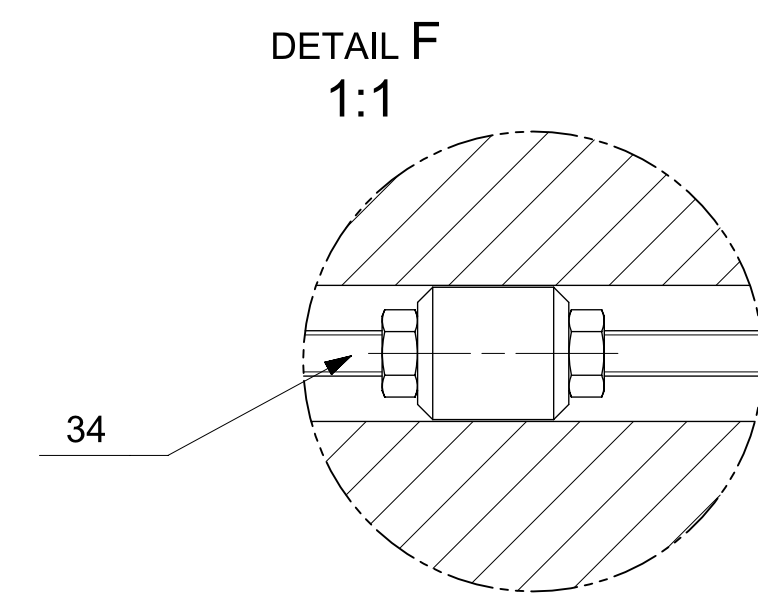
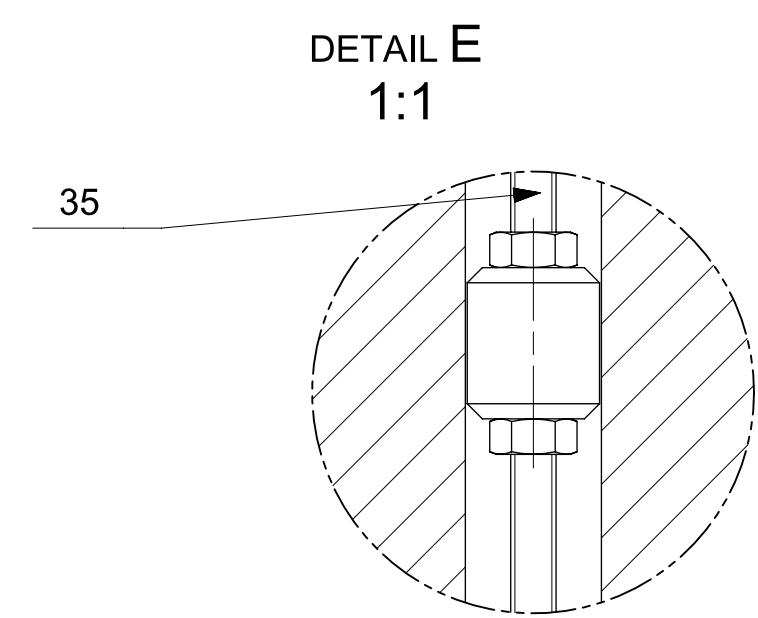
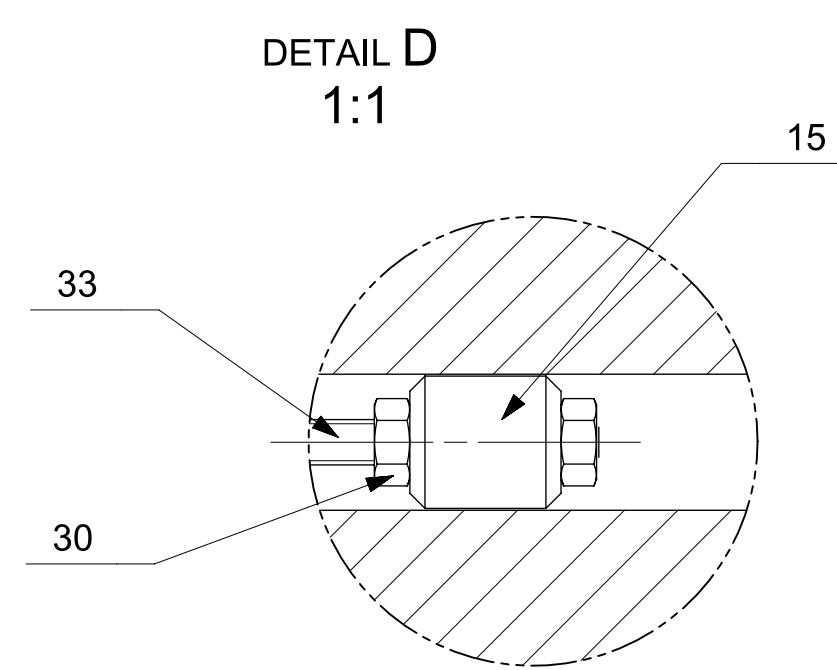
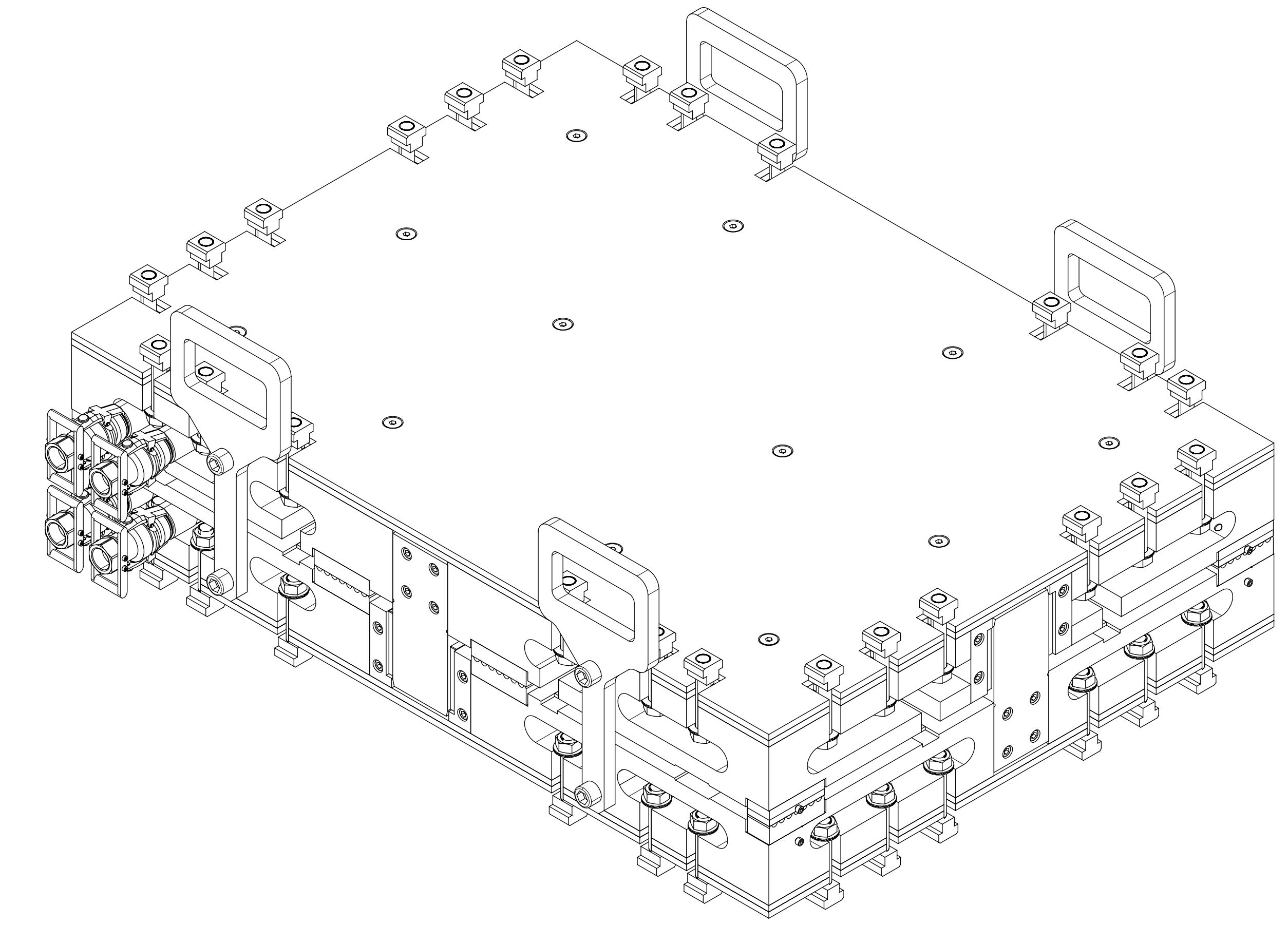
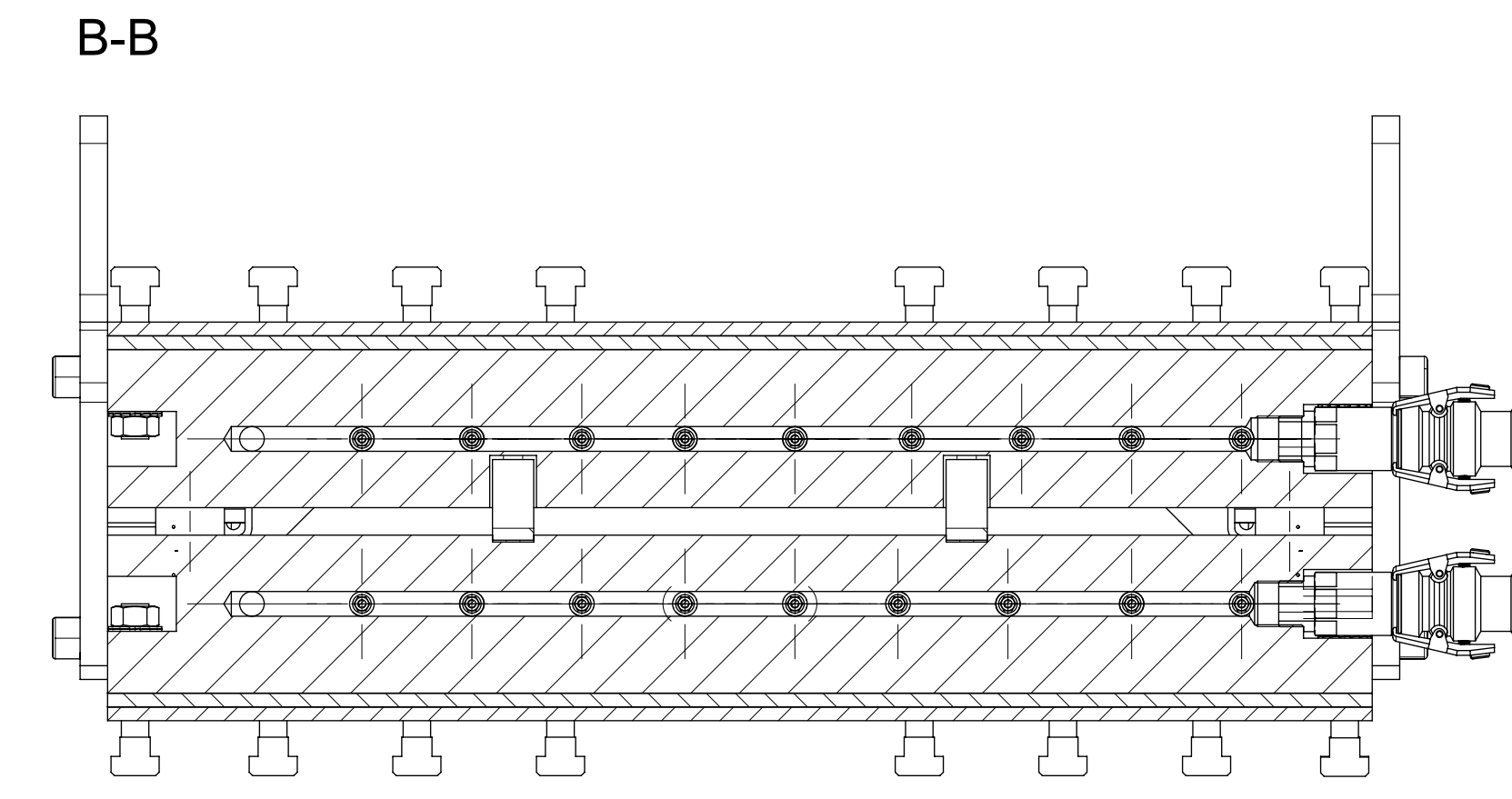
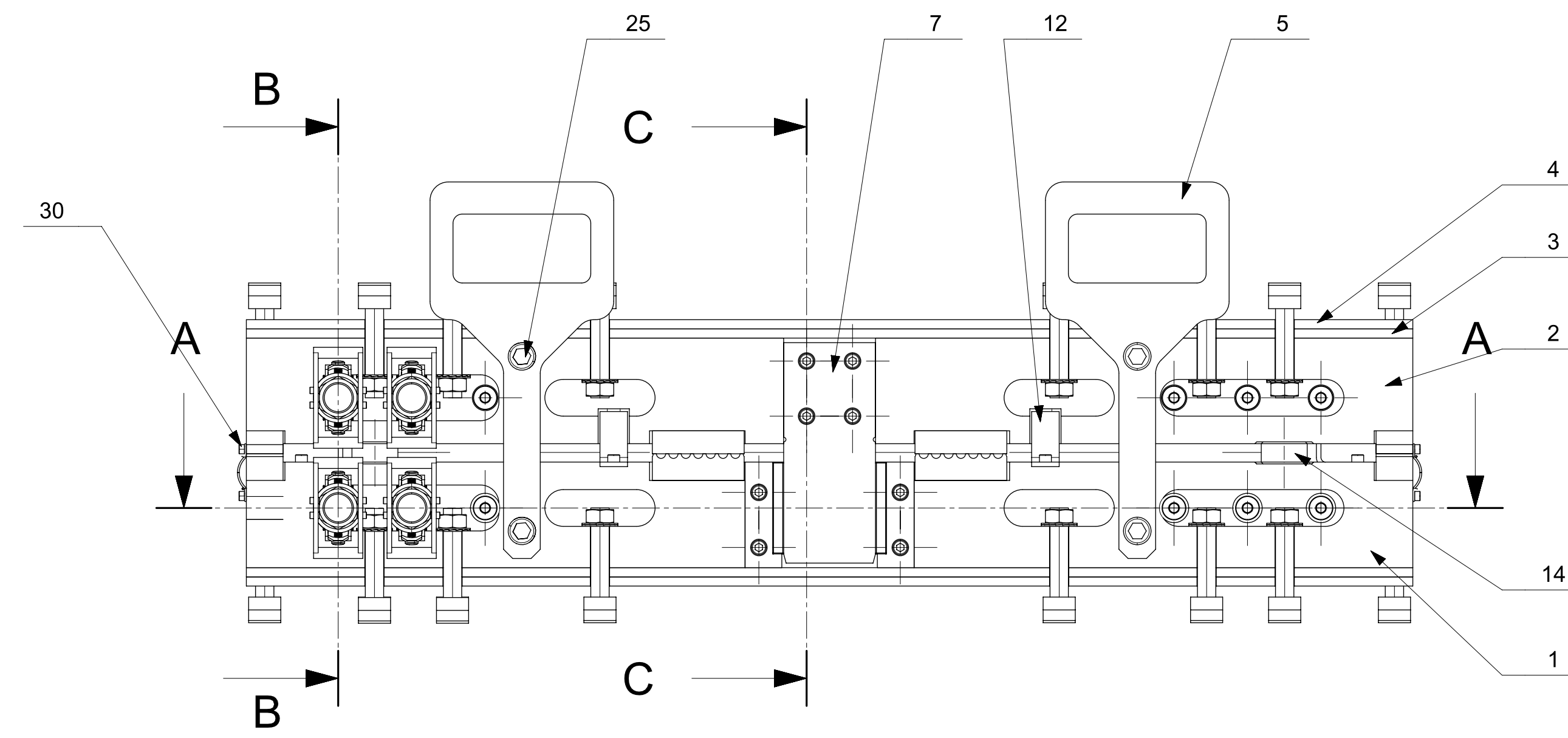
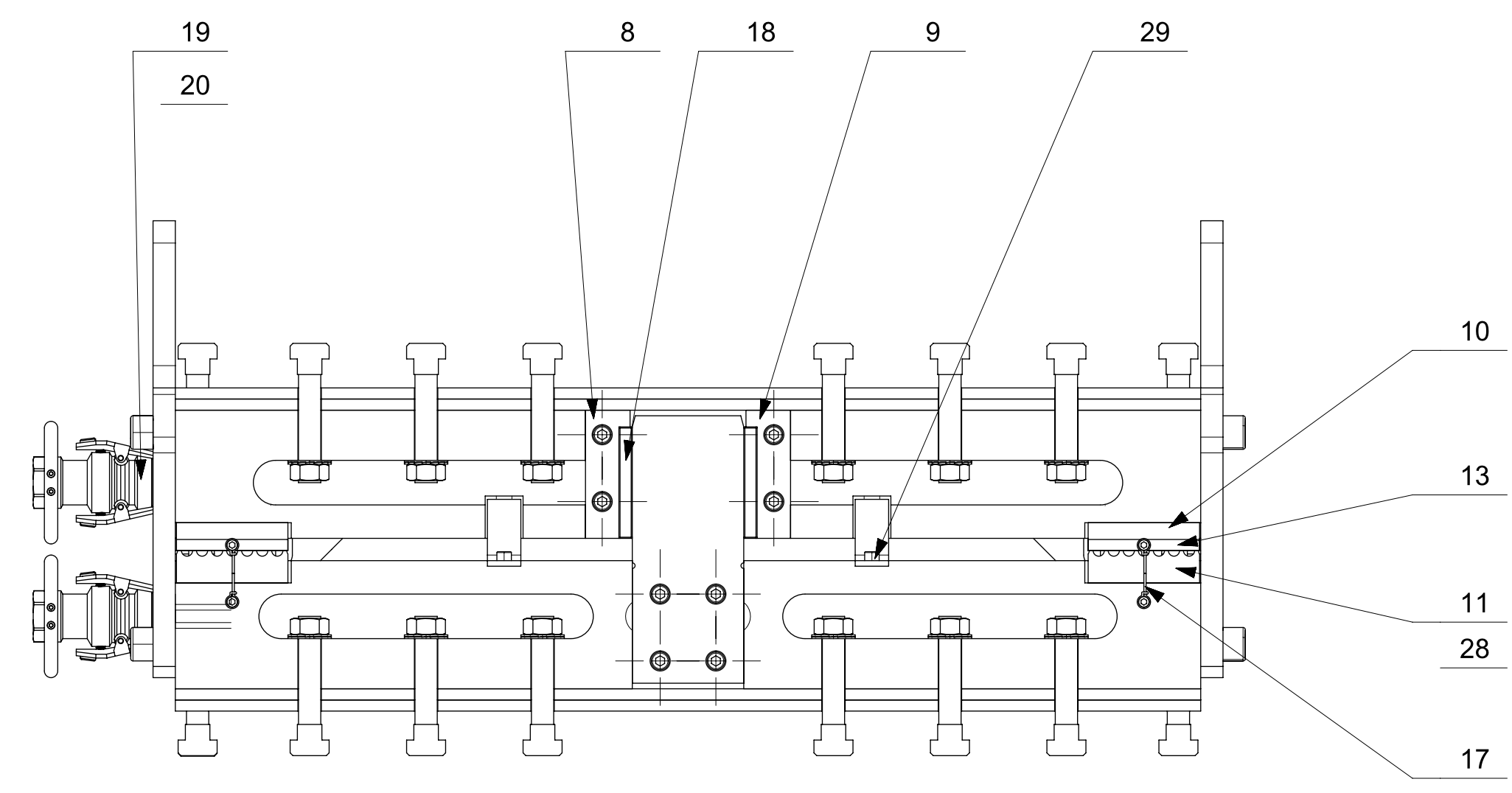
Tabulka 1 - Tabulka hodnot pro výpočet pinčovací hrany.....	13
Tabulka 2 – Shrnutí hodnot pro výpočet upínacích šroubů	27
Tabulka 3 – Shrnutí hodnot pro výpočet transportních šroubů	31

Seznam rovnic

Rovnice 1 - Výpočet střížné síly	13
Rovnice 2 - Výpočty upnutí nástroje.....	28
Rovnice 3 - Výpočet střížného napětí	31

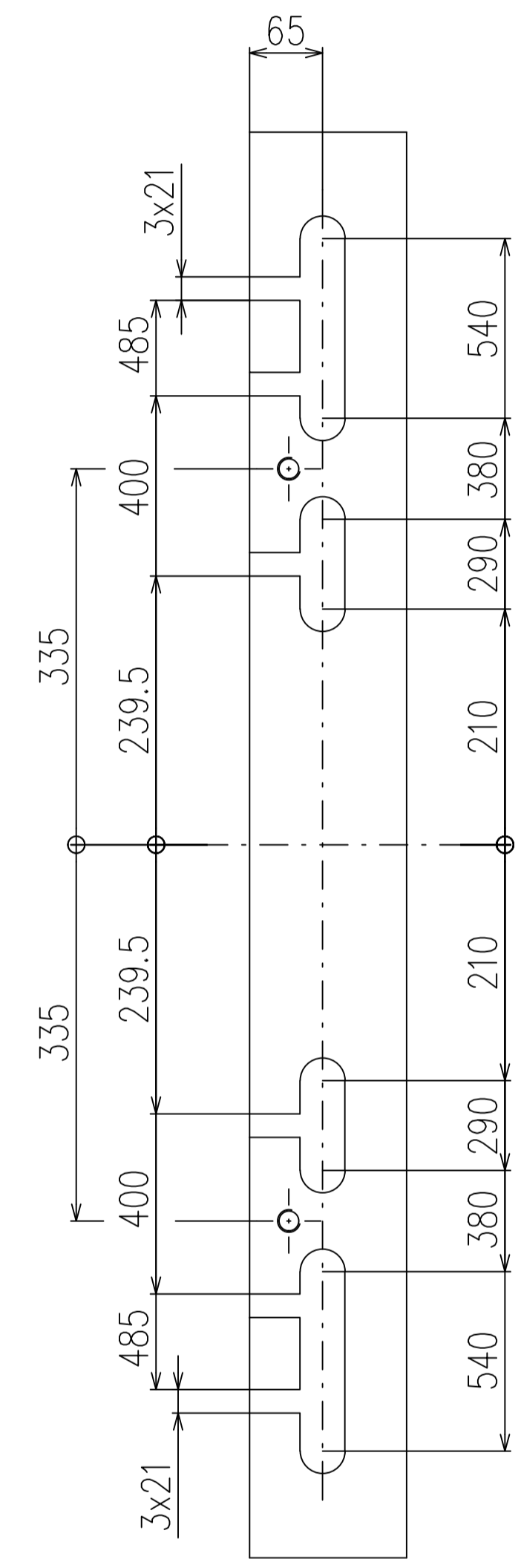
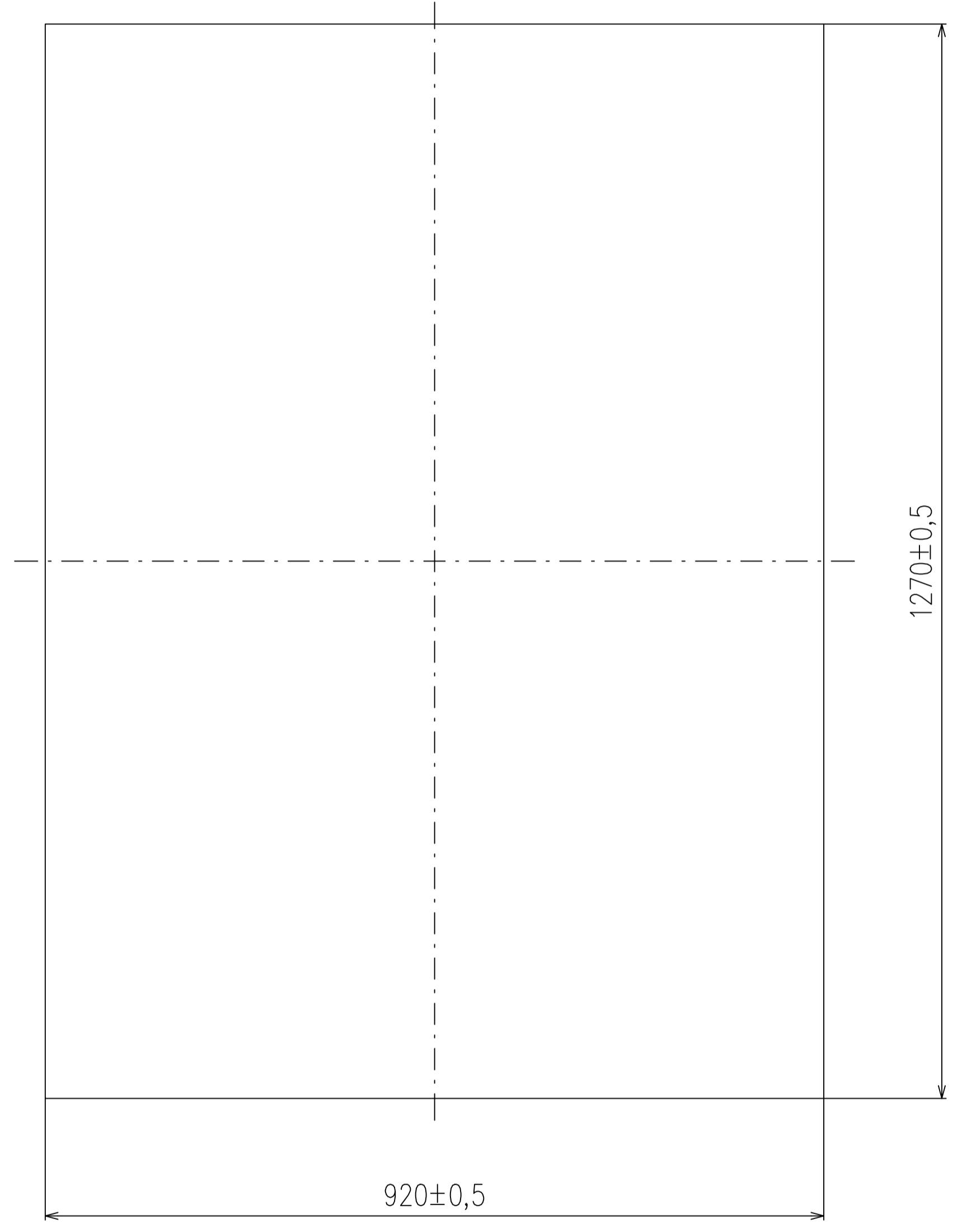
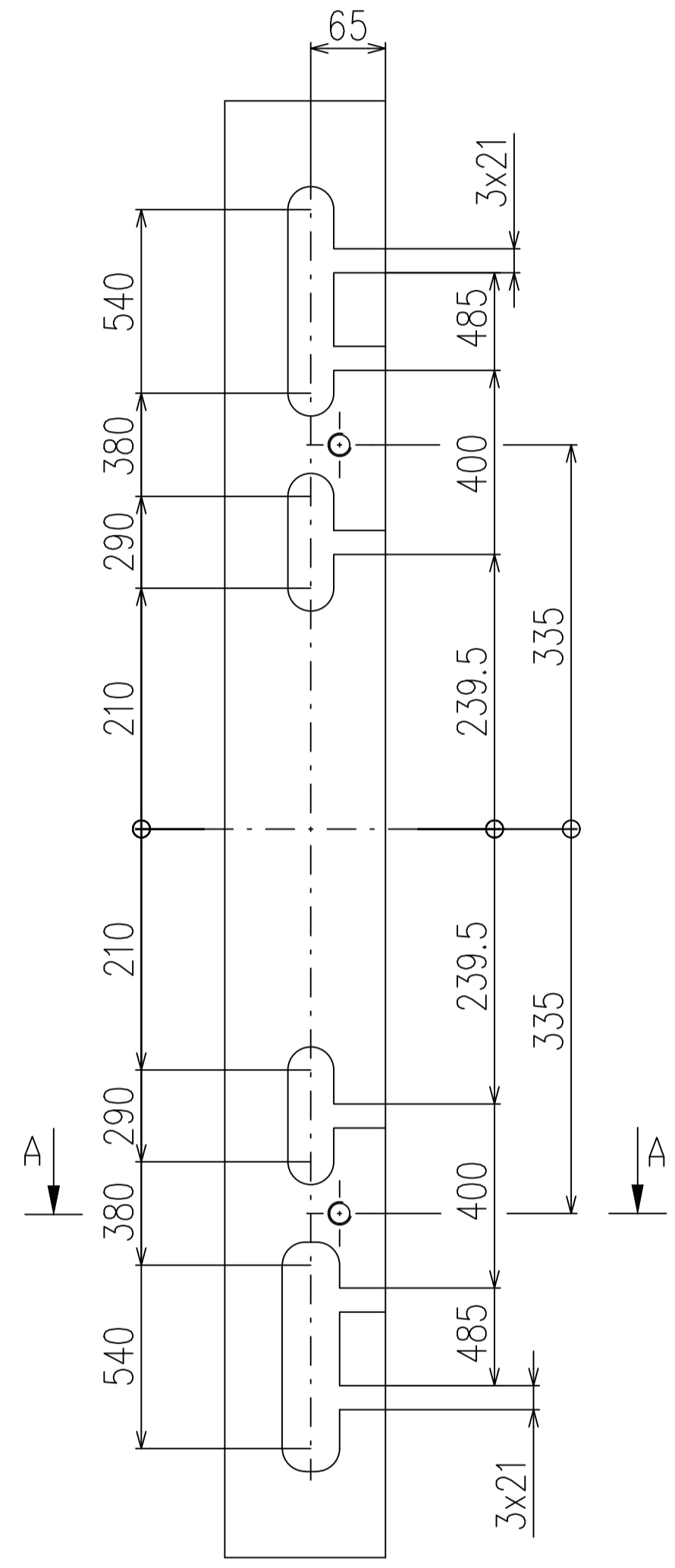
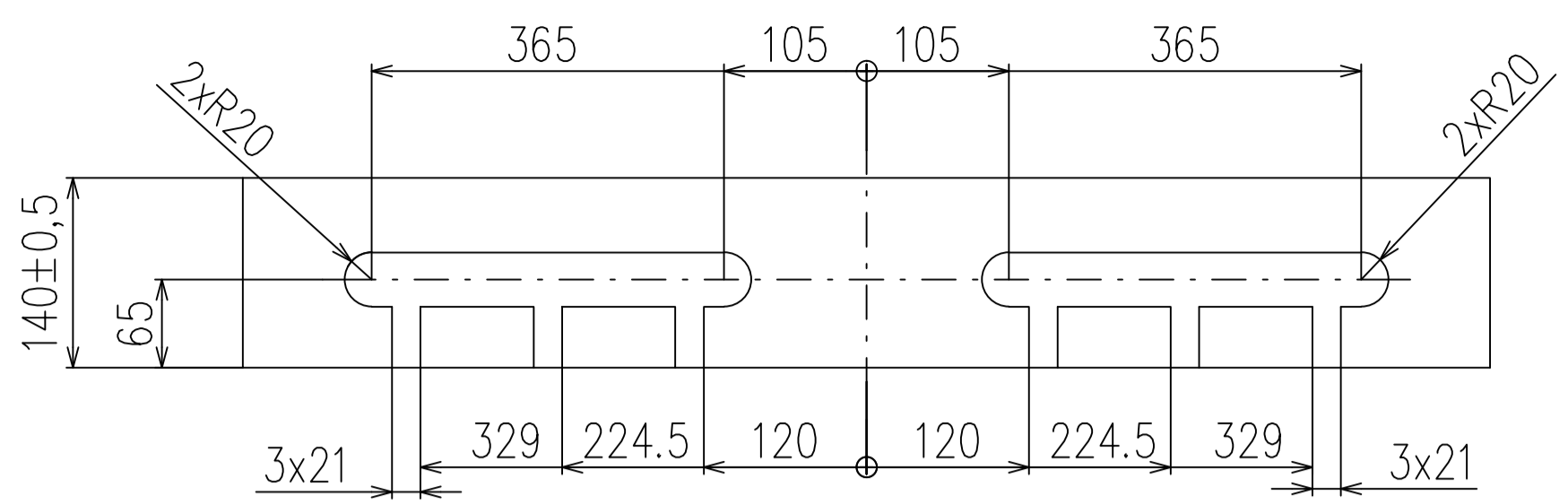
Seznam příloh

Výkres sestavy	KA03.09-00
Výrobní výkresy Spodní části nástroje	KA03.09-01/1-4
Časový plán výroby	KA03.09

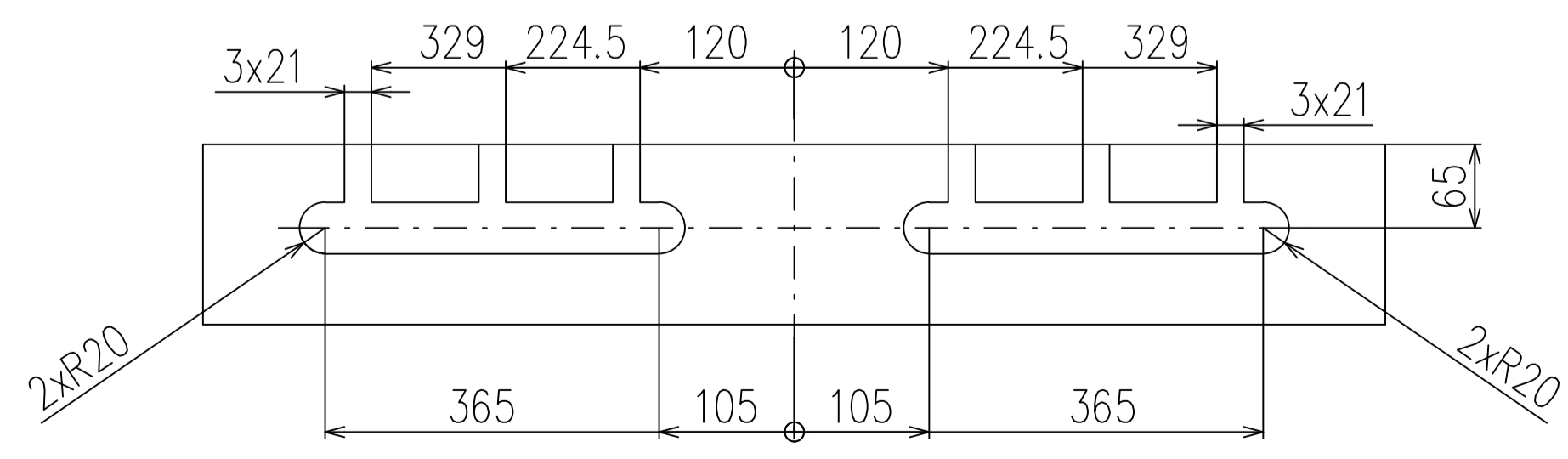
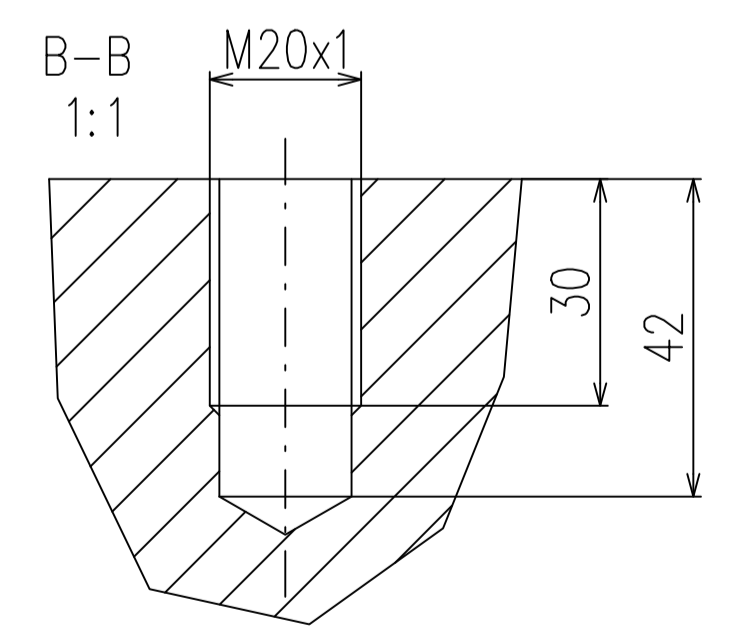
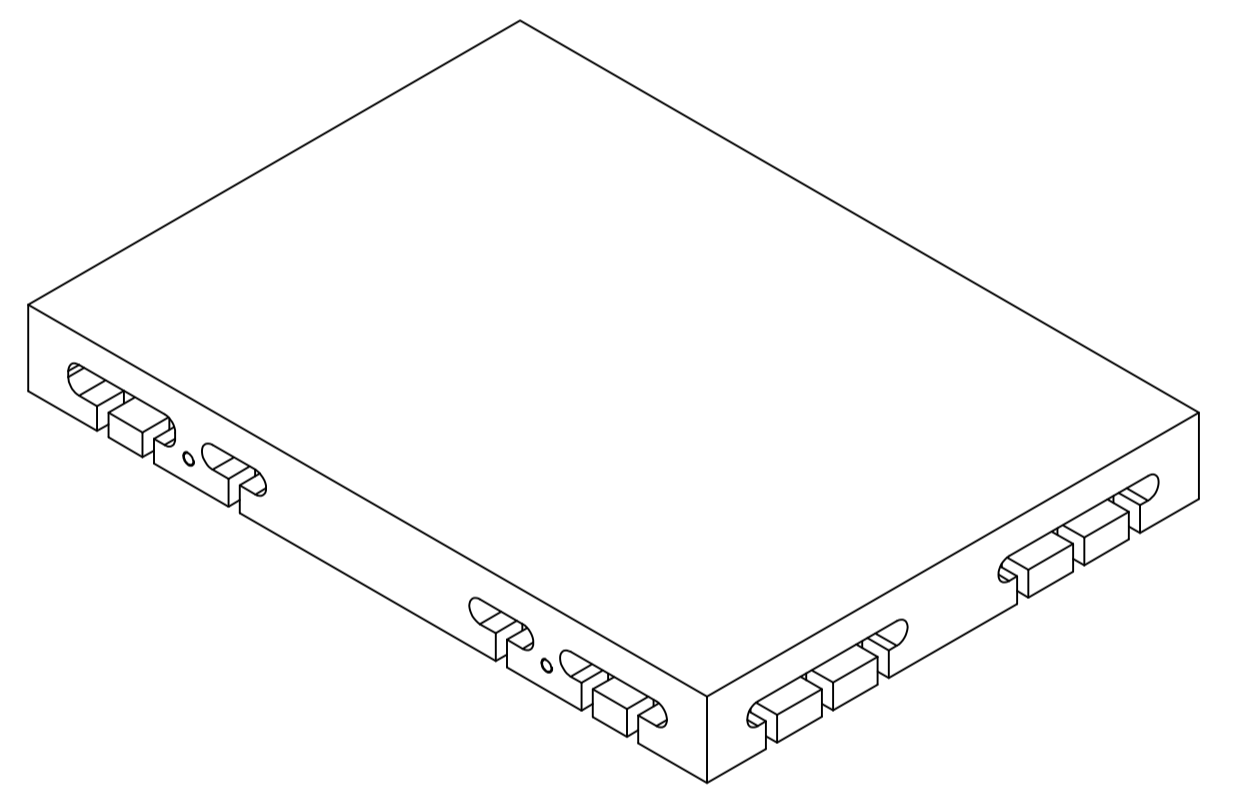


Pos.	Item	Material	Material	T.C.	C.heat	W.heat	Weight	Quantity
36	ZAVITOVÁ TYC 500MM	DIN 975	NEREZ A2	0.13			KA03.09	2
35	ZAVITOVÁ TYC 460MM	DIN 975	NEREZ A2	0.11			KA03.09	2
34	ZAVITOVÁ TYC 160MM	DIN 975	NEREZ A2	0.04			KA03.09	4
33	ZAVITOVÁ TYC 80MM	DIN 975	NEREZ A2	0.03			KA03.09	16
32	MATICE M6	DIN 934	NEREZ A2	0.01			KA03.09	76
31	SROUB G1/2" - E2076	DIN 908	NEREZ A2	0.05			KA03.09	28
30	SROUB M6x14	DIN 912		0.01			KA03.09	8
29	SROUB M8x20	DIN 912		0.02			KA03.09	8
28	SROUB M10x25	DIN 912		0.03			KA03.09	36
27	SROUB M10x40	DIN 912		0.05			KA03.09	32
26	SROUB M12x30	DIN 7991		0.09			KA03.09	24
25	SROUB M20x50	DIN 912		0.13			KA03.09	8
24	NORD LOCK - NL20SP	NORD LOCK		0.02			KA03.09	48
23	MATICE M20	DIN 934		0.06			KA03.09	48
22	MATICE M20	DIN 934		0.07			KA03.09	48
21	SROUB M20x125	CSN 02 1178		0.27			KA03.09	48
20	SROUBENI G1-G1"	DIN 2353		0.04			KA03.09	4
19	RYCHLOPOJKA WALTHER 11.0192	Walther-praxision		2.2			KA03.09	4
18	KLUZNA DESTICKA - E 3151	Meusburger		0.2			KA03.09	6
17	POJISTNE LANNO - KR 2 - 70	CSN 42 6410.5	CSN 11 343	0.01			KA03.09	4
16	ZABLEPKA - KR 17 - 6	CSN 42 5316	CSN 19 520	0.01			KA03.09	4
15	UCPAVKA 18MM - 50x20x4	CSN 42 5332	CSN 11 300	0.03			KA03.09	38
14	STREDNICI CEP KR 50 - 64	CSN 42 0138.50	CSN 11 500	0.42			KA03.09	4
13	PODLOZKA DORAZU - 100x40x15	CSN 42 0138	CSN 11 500	0.33			KA03.09	4
12	DORAZ MATERIÁLU - 130x30x5	CSN 42 5522.01	CSN 11 500	0.13			KA03.09	8
11	DORAZ DOLNI - 100x40x25	CSN 42 5522.01	CSN 11 500	0.75			KA03.09	8
10	DORAZ HORNÍ - 100x40x25	CSN 42 5522.01	CSN 11 500	0.72			KA03.09	8
9	DRZAK DESTICEK PRAVY - 115x40x40	CSN 42 55 20.02	CSN 11 500	1			KA03.09	4
8	DRZAK DESTICEK LEVY - 115x40x40	CSN 42 55 20.02	CSN 11 500	1			KA03.09	4
7	VODICI MEC - 240x100x40	CSN 42 0220.50	CSN 19 487	7			KA03.09	4
6	TVAROVA VLOZKA - 150x110x28	CSN 42 0220.50	CSN 19 520	2.9			KA03.09	1
5	TRANSPORTNI PASY - 410x200x20	CSN 42 0209.50	CSN 11 300	4.8			KA03.09	4
4	KRYCI DESKA - 1270x620x10	1300x630x10	CSN 11 300	89			KA03.09	2
3	IZOLACNI DESKA - 1270x620x10	1300x630x10	S4000	21			KA03.09	2
2	HORNÍ NASTROJ - 1270x620x115	1270x620x120	CSN 19 520	940			KA03.09	1
1	SPODNI NASTROJ - 1270x620x135	1270x620x140	CSN 19 520	1045			KA03.09	1

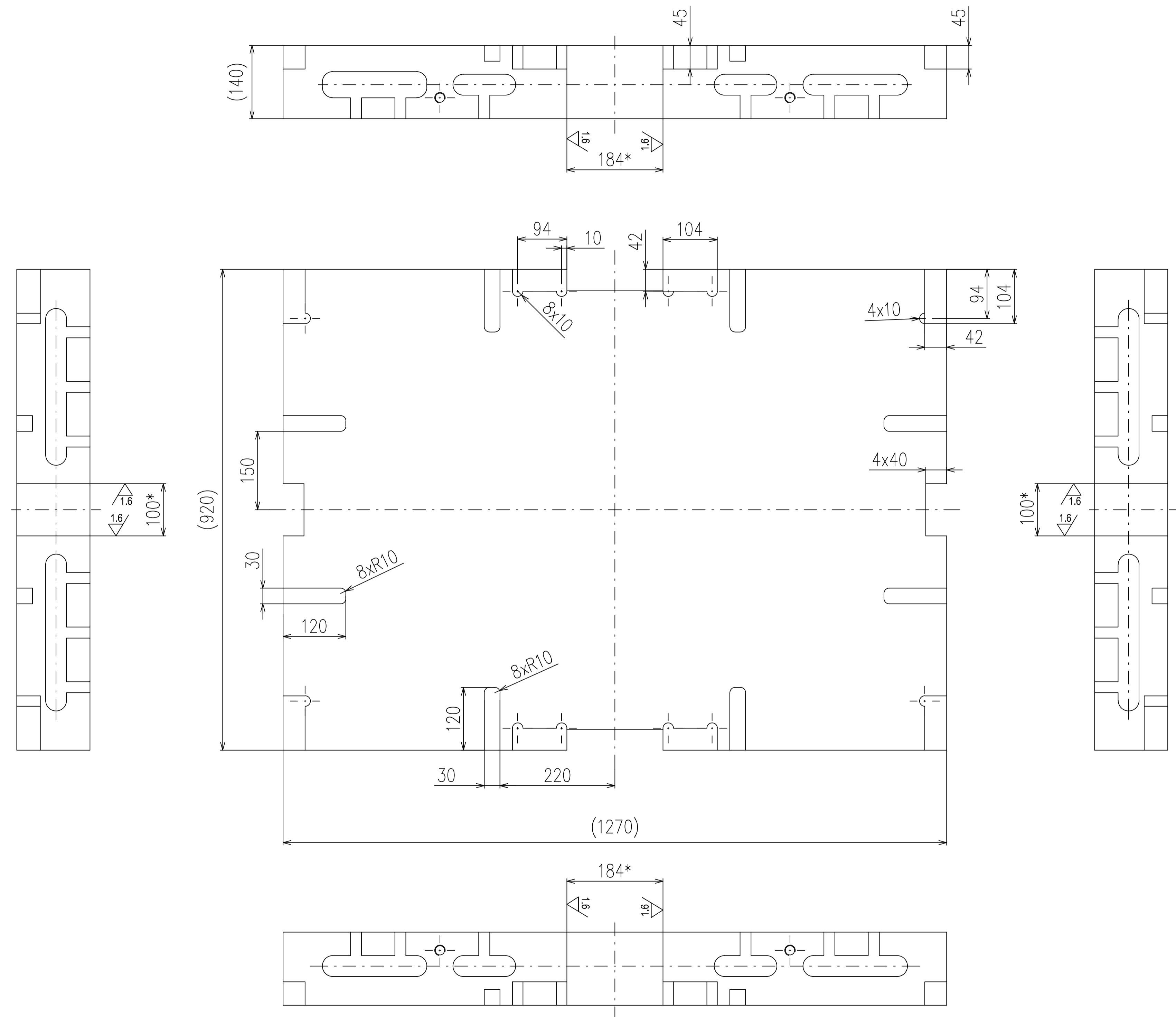
Pos.	Name - name	Material	Material	T.C.	C.heat	W.heat	Weight	Quantity												
<table border="1"> <tr> <td>Author:</td> <td>Defin./Date:</td> <td>Drawn/Name:</td> <td>Project/Project:</td> </tr> <tr> <td>Checked:</td> <td>24.3.2014</td> <td>Ovečka P.</td> <td>FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI</td> </tr> <tr> <td>Approved:</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>									Author:	Defin./Date:	Drawn/Name:	Project/Project:	Checked:	24.3.2014	Ovečka P.	FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Approved:			
Author:	Defin./Date:	Drawn/Name:	Project/Project:																	
Checked:	24.3.2014	Ovečka P.	FAKULTA STROJNÍ ZAPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI																	
Approved:																				
<table border="1"> <tr> <td>Scale:</td> <td>1:5</td> </tr> <tr> <td>Sheet No.:</td> <td>2297</td> </tr> <tr> <td>Project Name:</td> <td>Sestava nástroje</td> </tr> <tr> <td>Project No.:</td> <td>KA03.09</td> </tr> </table>									Scale:	1:5	Sheet No.:	2297	Project Name:	Sestava nástroje	Project No.:	KA03.09				
Scale:	1:5																			
Sheet No.:	2297																			
Project Name:	Sestava nástroje																			
Project No.:	KA03.09																			



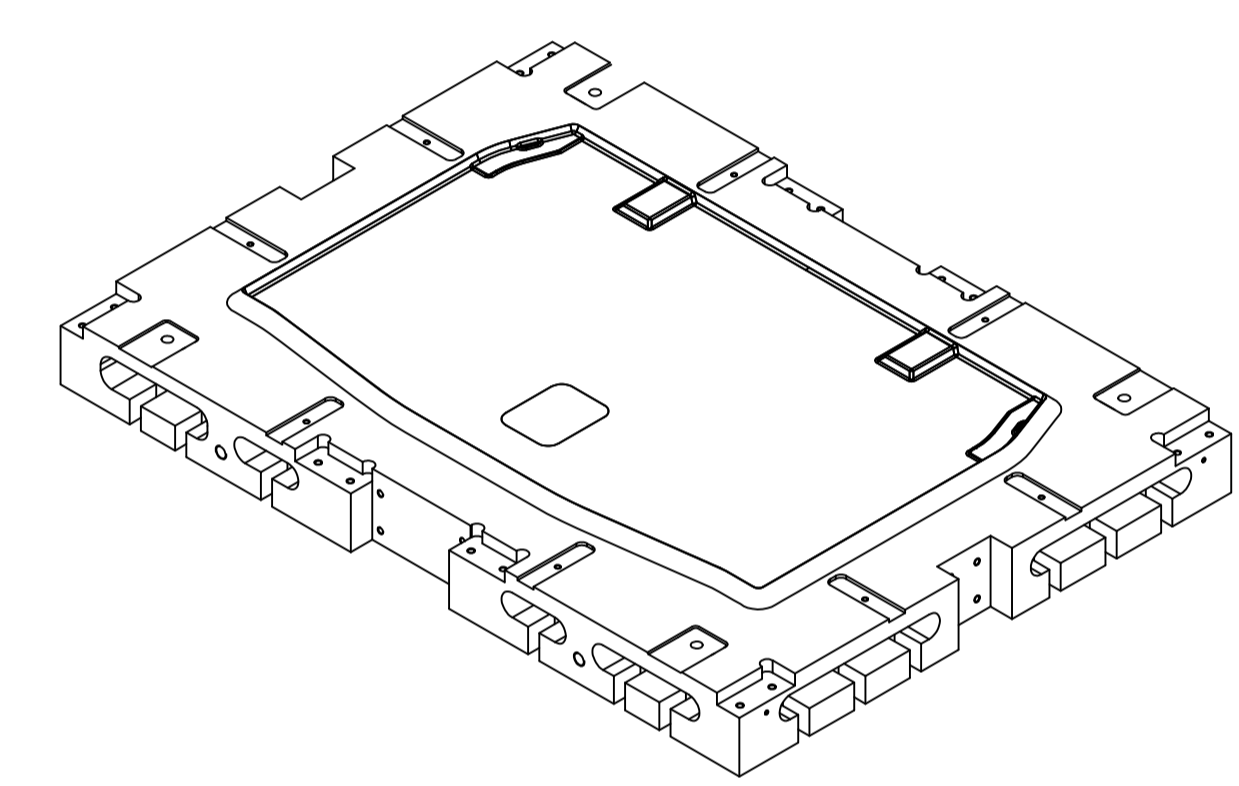
IZOMETRICKY POHLED



	1270*920*140		19 520	1148	KA03.09		
Počet ks.	Název - rozměr	Pokřovár	Material	T.O.	C.hmot	Hr.hmot.	Číslo výkresu sestavy
Quant	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight.	Assembly drawing no.
CAD1	Datum/Date	Jmeno/Name					
Kresil/	24.3.2014	ČVČIČKA P.					
Projevič/							
Checked by							
Schvál/							
Approved by							
Index změny	Popis změny / change description	Schvál./APP	Datum/ Date	Podpis/ Signature	Poznámka / Note		
	Tolerance/ Tolerovani	Soubor-model/ ASMfile	Projekt/ Project:		Měřítko / Scale:		
	ISO 8015 ISO 2768-mK	Soubor-vykres/ DRW-file DOLNI_DESKA			1:5		
	SPODNI BLOK NASTROJE OBJEDNAVKOVY LIST			Rev. Číslo výkresu / Drawing No. KA03.09-1		Format: A1	
	Název/ Title	Číslo výkresu / Drawing No.		Počet listů / sheets			



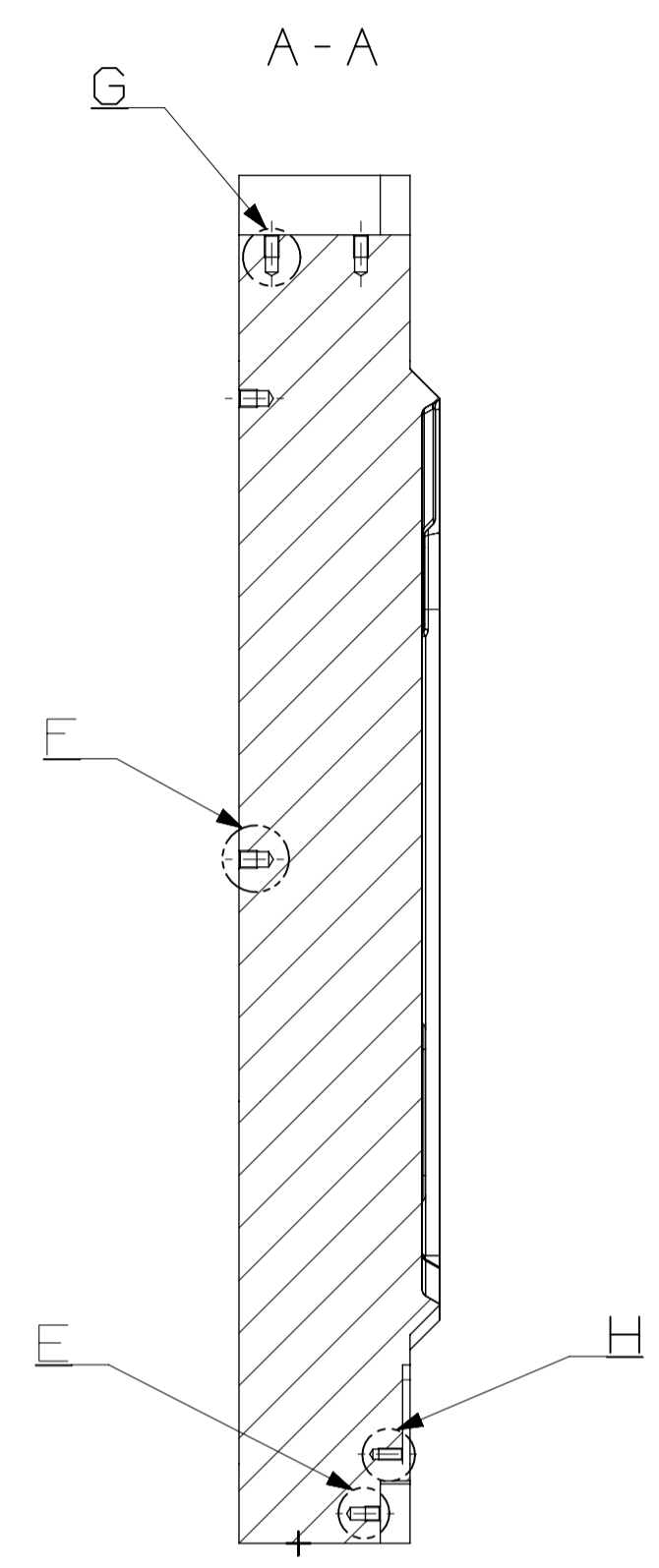
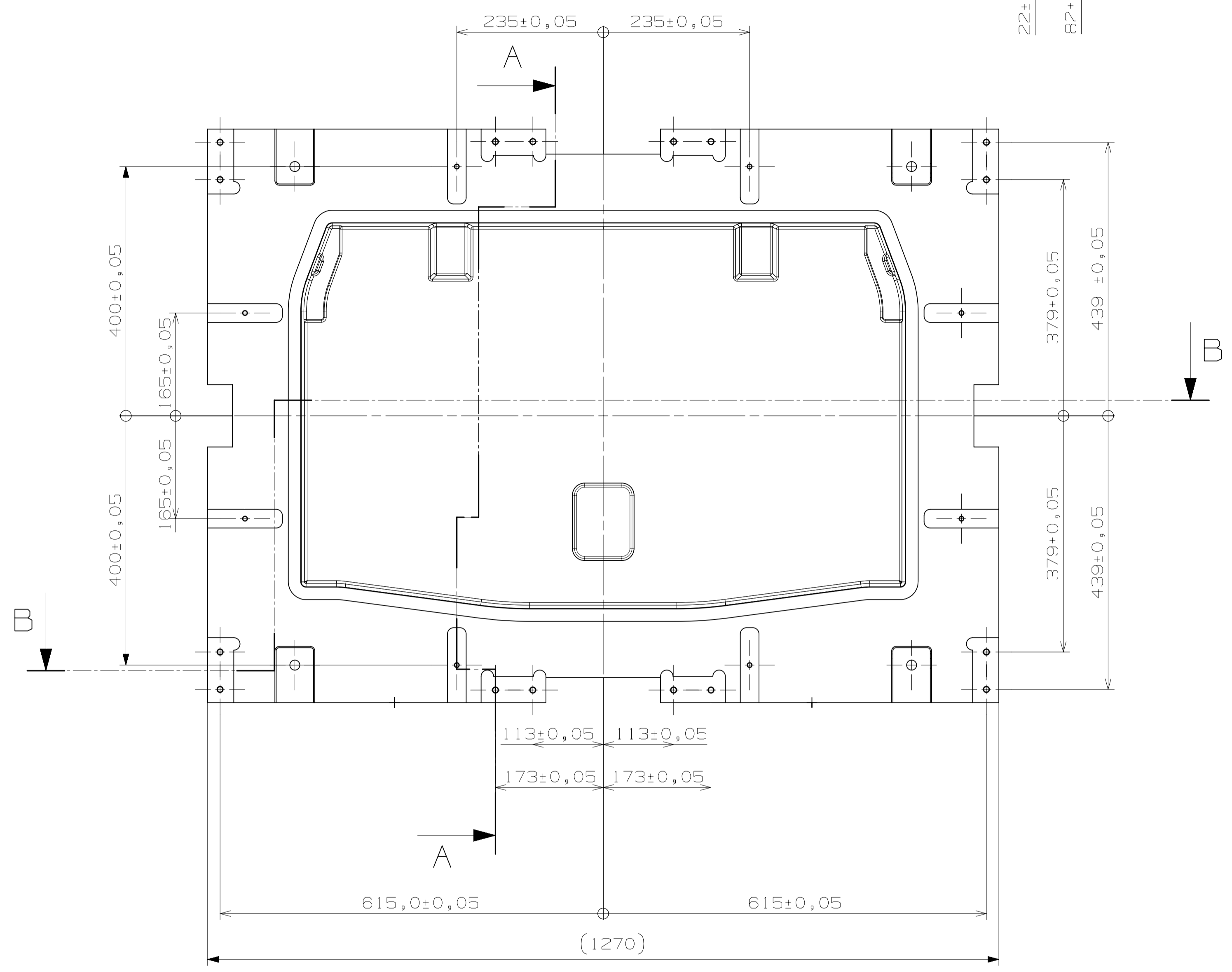
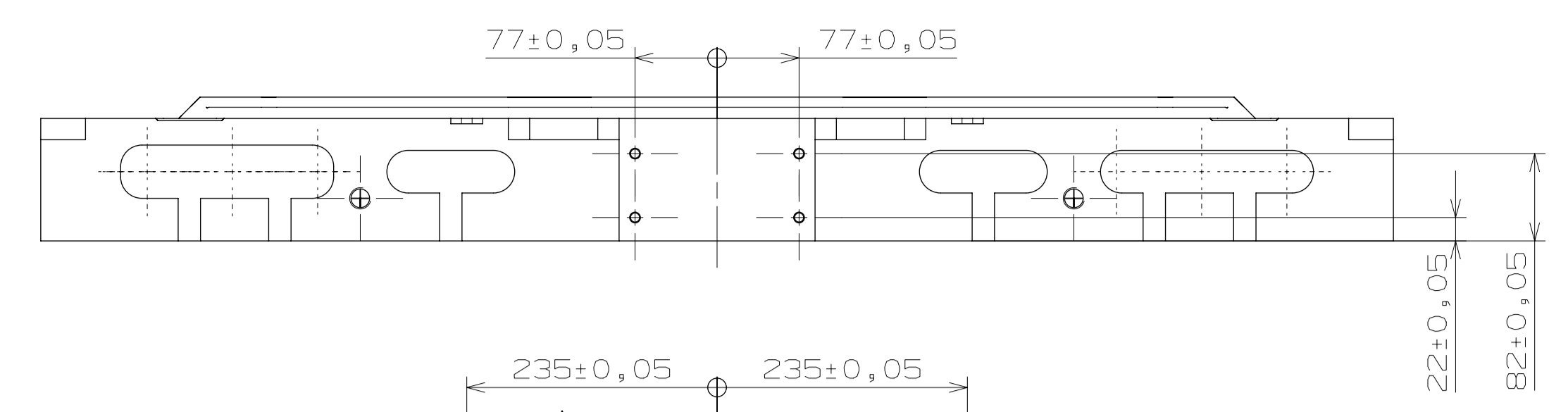
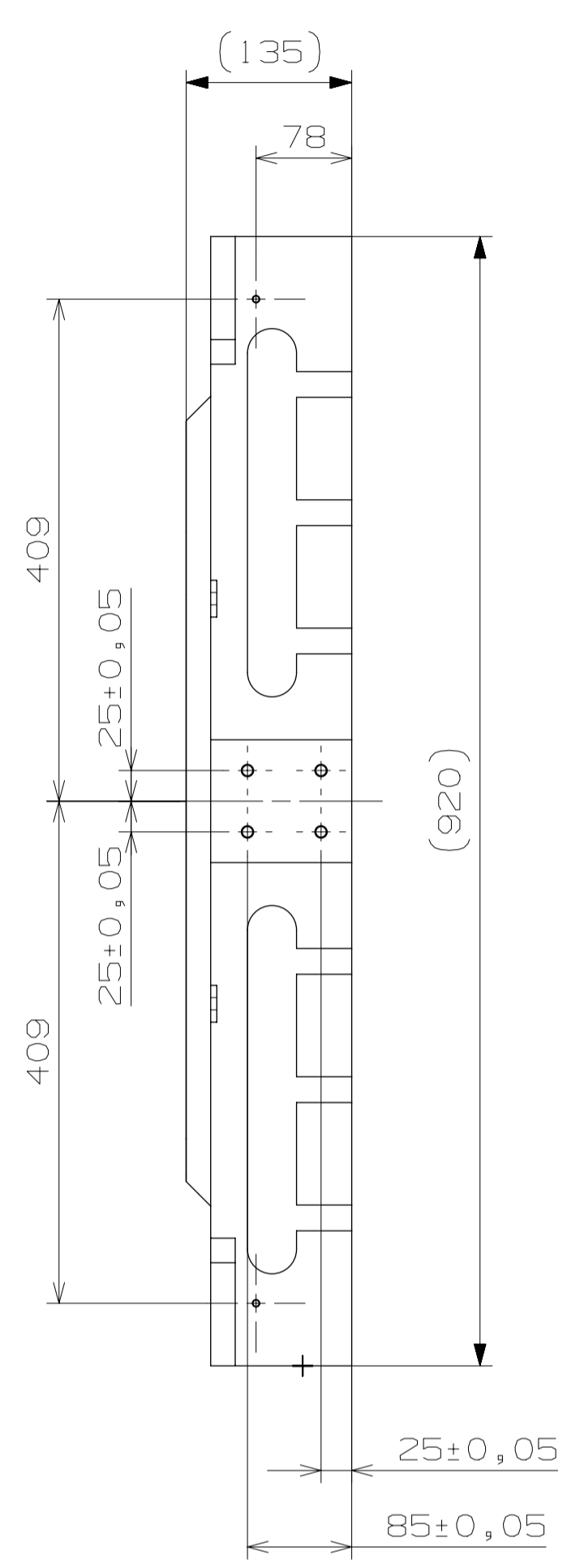
INFORMATIVNI POHLED



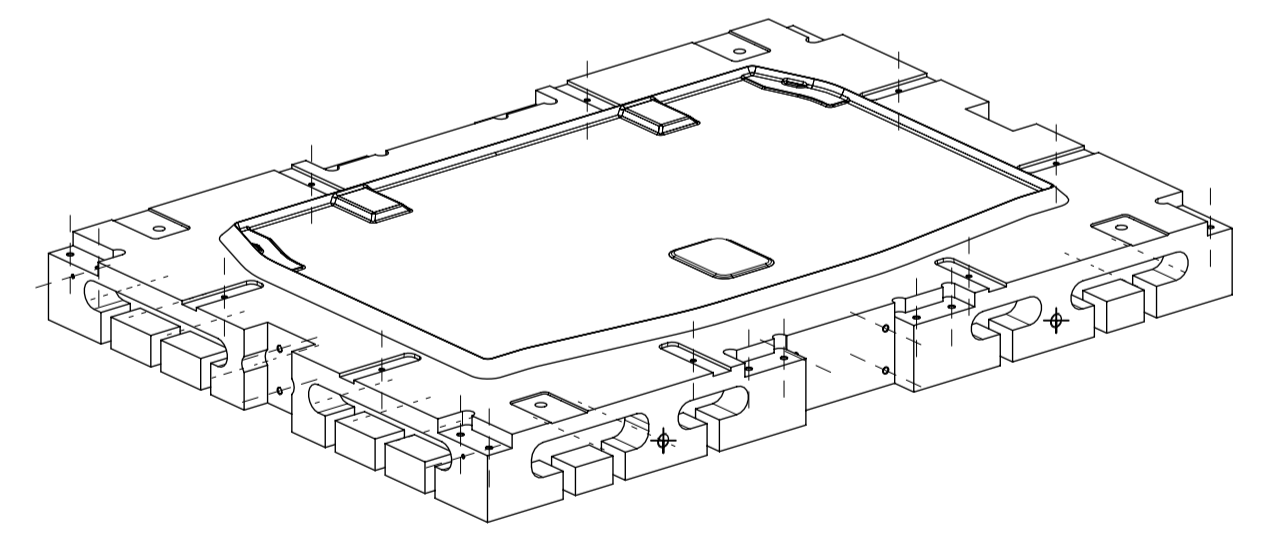
TECHNICKE POZADAVKY:

- * FREZOVAT S HORNIM CASTI NASTROJE PO ODMERENI S VEDENIM
- 3D TVAR FREZOVAT PODLE CAD DAT
- PINCOVACI HRANU KALIT LASEREM NA 50 HRC
- DELKA PINCOVACI HRANY JE 3030mm

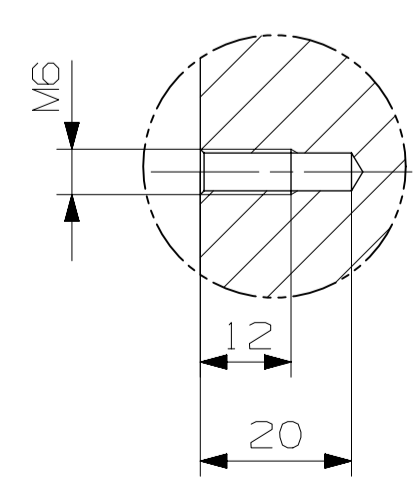
1270*920*140		19 520		1106		KA03.09	
Podob. k:	Nazev - rozmer	Polkovar	Material	T.O.	C.zmot	H.zmot.	Clido vykresu sestavy
Quant	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.
CAD1	Datum/Date	Jmeno/Name					
Kresil/ Drawn by	24.3.2014	OVICKA P.					
Prekontrol/ Checked by							
Schvál/ Approved by				<small>Videa práva vyhrazena All rights reserved</small>			
Index změny	Popis změny / change description	Schvál./APP	Datum/ Date	Podpis/ Signature	Poznámka / Note		
	Tolerance/ Tolerovani	Soubor-model/ ASM-File		Projekt/ Project		Merkto / Scale:	
	ISO 8015	Soubor-vykresu/ DRW-File		C. sestavy/ Assembly No.		1:5	
ISO 128	ISO 2768mk	DOLNI_DESKA		C. sestavy/ Assembly No.		Format:	
SPODNI BLOK NASTROJE				KA03.09-2		A1	
Nazev/ Title				Clido vykresu / Drawing No.		Pocet listu / sheets	



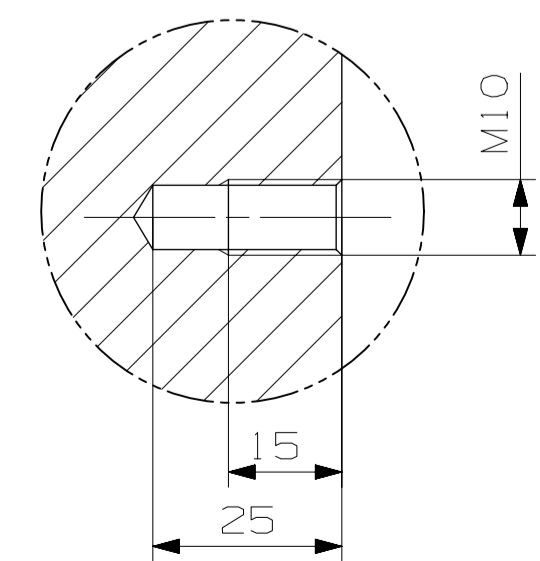
IZOMETRICKY POHLED



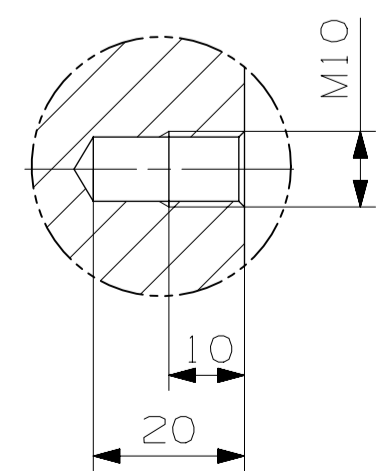
4x DETAIL C
1:1



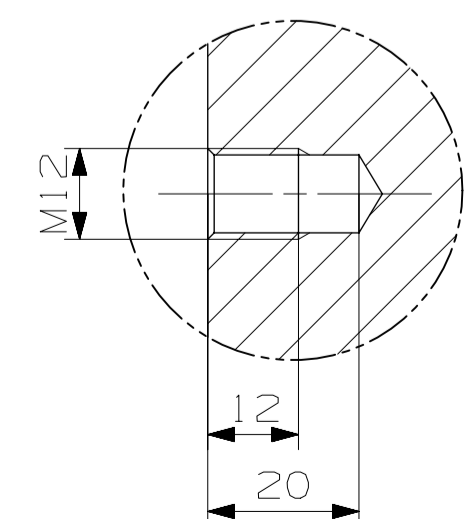
8x DETAIL D
1:1



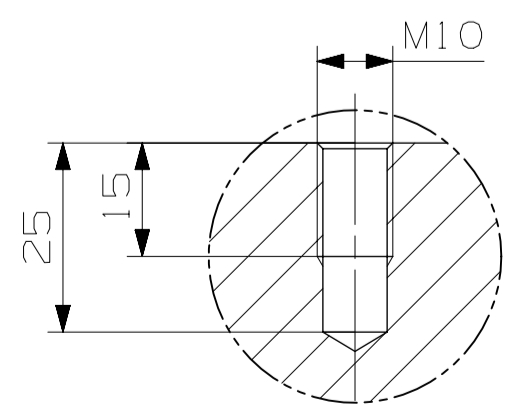
16x DETAIL E
1:1



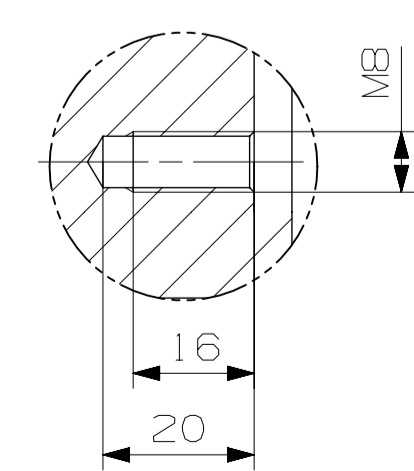
12x DETAIL F
1:1



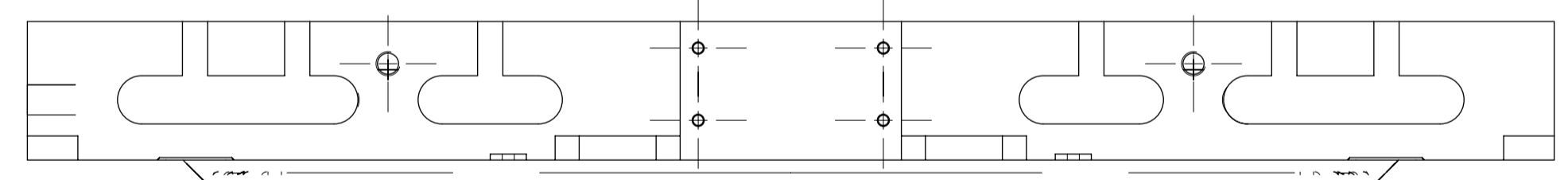
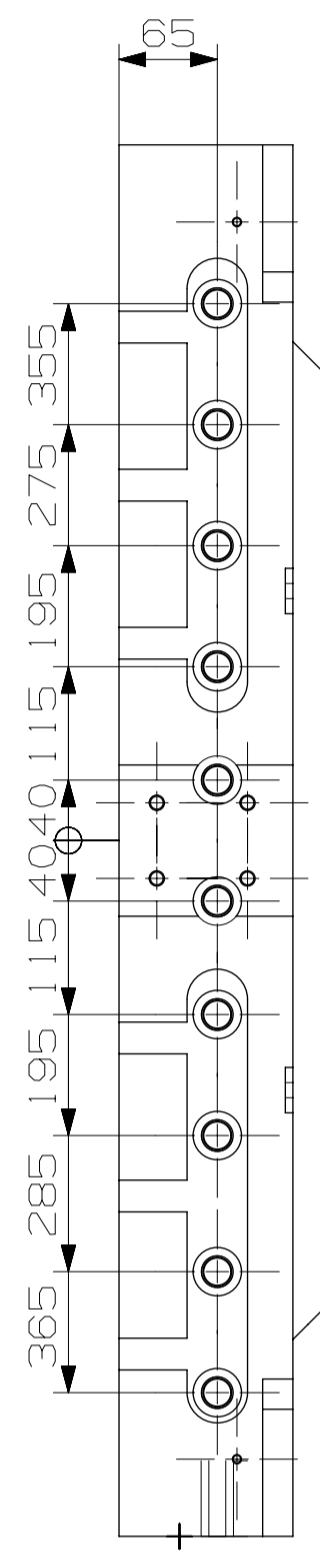
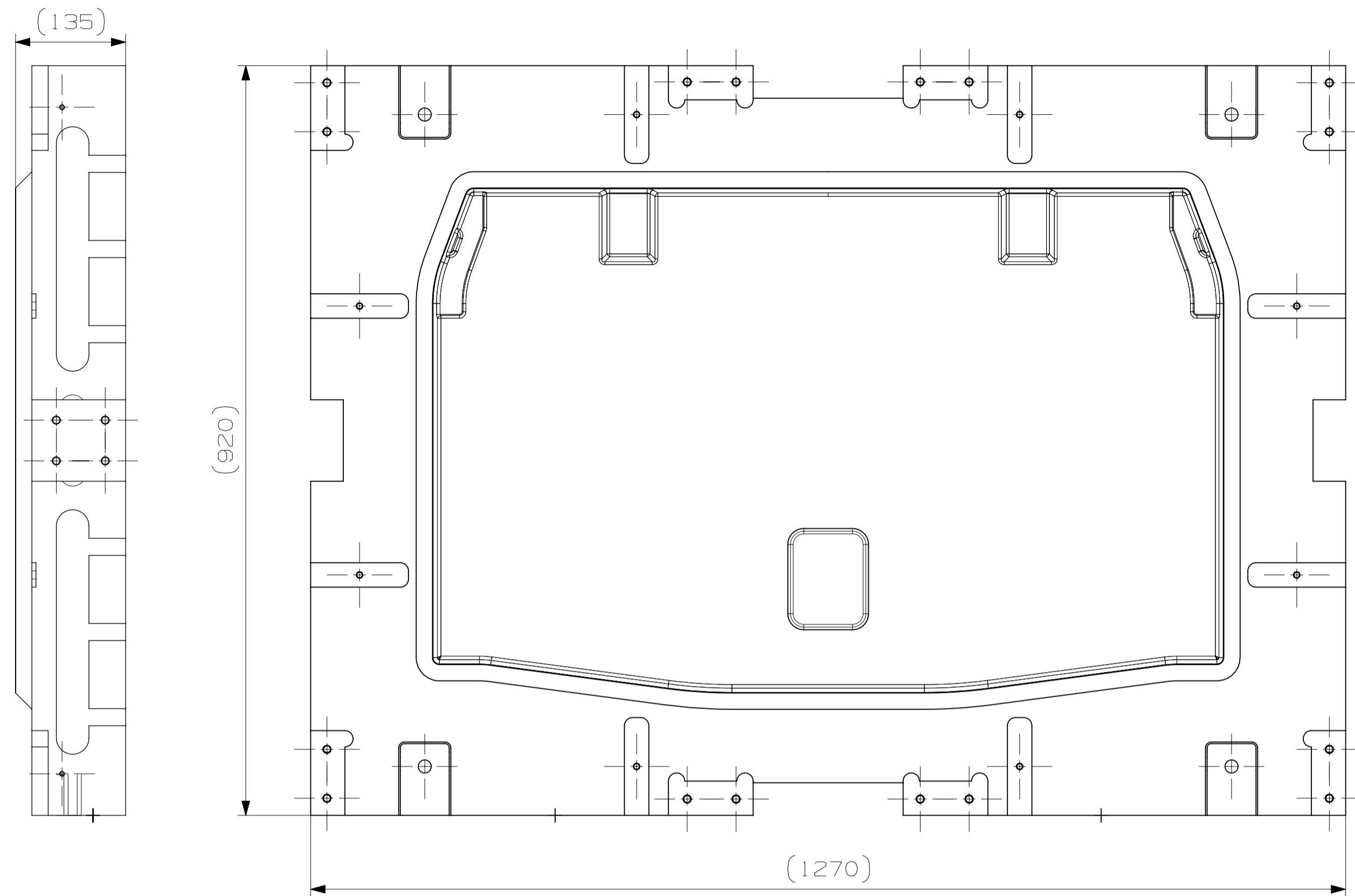
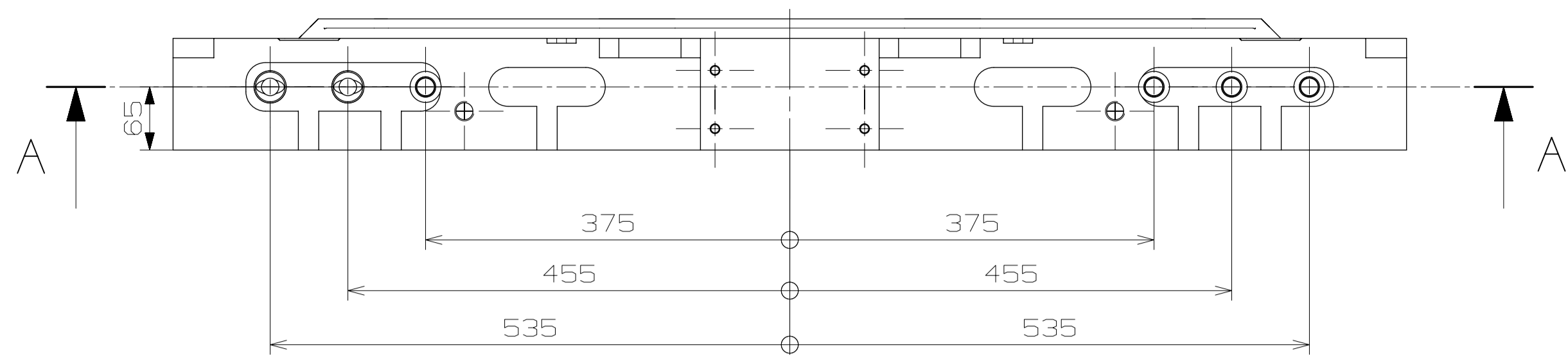
8x DETAIL G
1:1



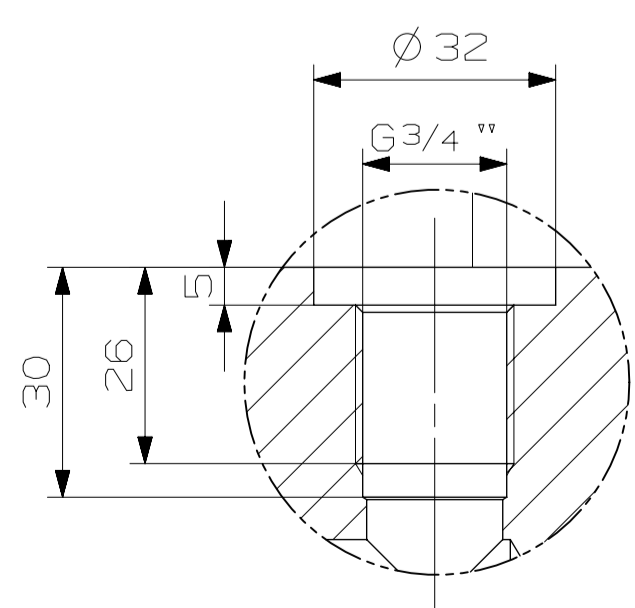
8x DETAIL H
1:1



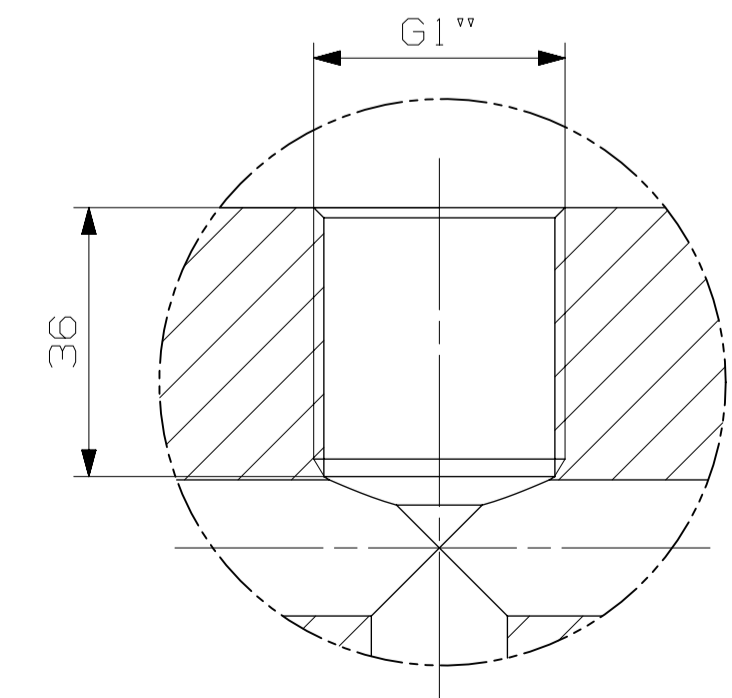
1270x920x135		19 520		KA03.09	
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polkovar	Material	T.O.	C.zmot.
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight
001	Datum / Date	Jmeno / Name	FAKULTA STROJNI ZAPADOCESKE UNIVERZITY V PLZNI		
Kreslil / Drawn by	27.5.2014	Ovčička P.	Všechna práva vyhrazena / All rights reserved		
Projekce / Checked by					
Schválil / Approved by			Projekt / Project		
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schválil / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note
Tolerance / Tolerovali	Soubor-název / ASM-file	Vykres_3_Vrtani		Projekt / Project	Měřítko / Scale
ISO 128	ISO 8015 ISO 2768mk	Soubor-vykres / DRW-file		C sestavy / Assembly No.	1:5
Nazev / Title	Vykres_3_Vrtani			Cislo vykresu / Drawing No.	Format
SPODNI BLOK NASTROJE				KA03.09-3	A1
List / sheet no.				1	Pocet listu / sheets
				2	1



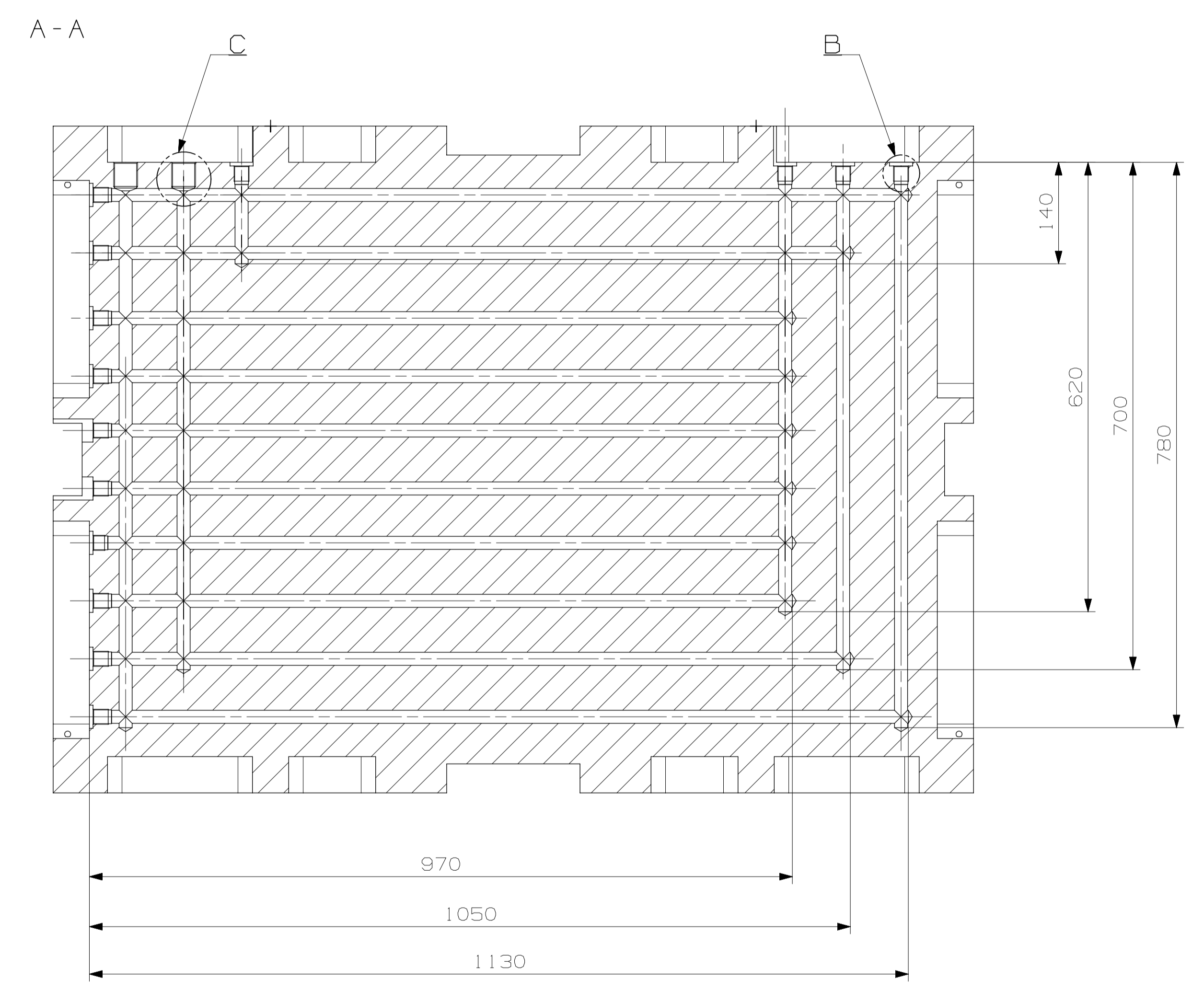
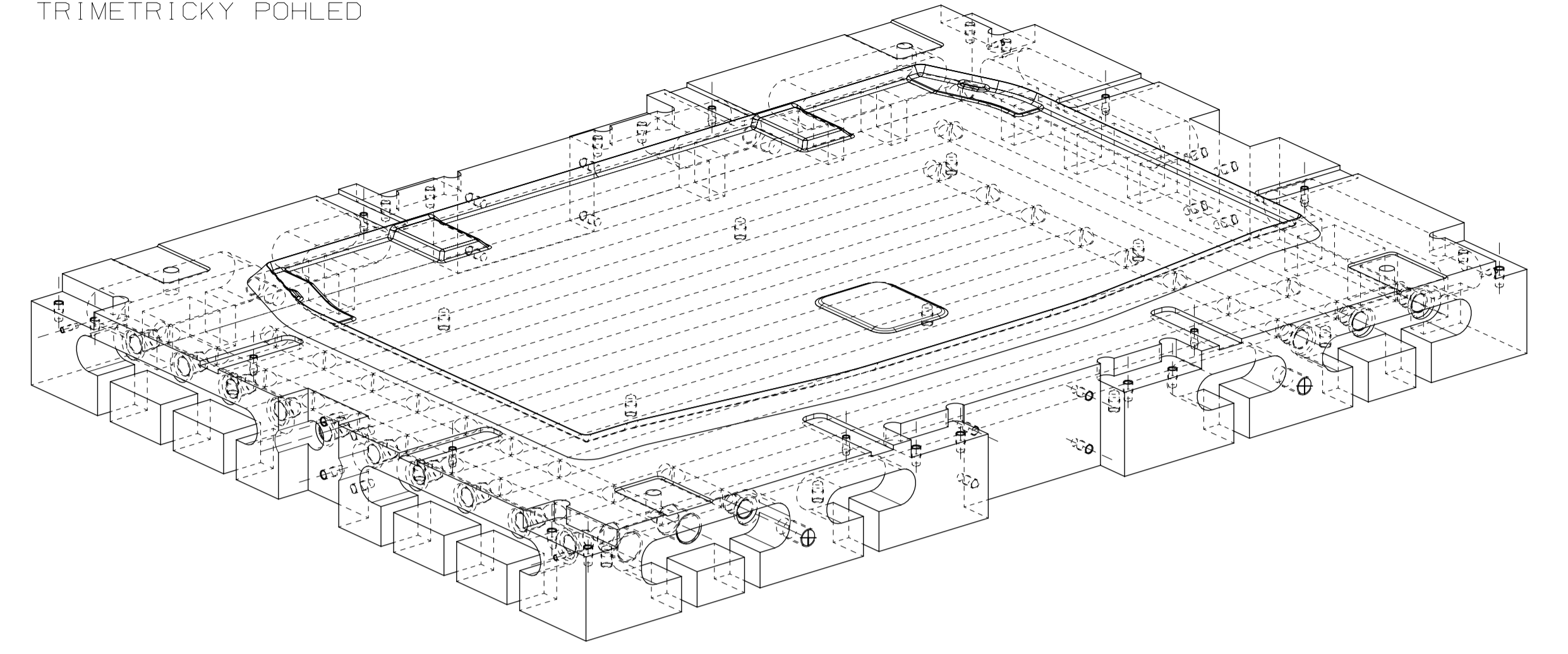
DETAIL B
1 : 1



DETAIL C
1 : 1



TRIMETRICKY POHLED



TECHNICKE POZADAVKY :

1. NEKOTOVANE OTVORY VRTAT Ø 18MM

1270x920x135		19 520		1045,000		KA03.09	
Pocet ks.	Nazev - rozmer	Polkovar	Material	T.O.	C.zmot.	Hr.zmot.	Cislo vykresu sestavy
Quant.	Title - size	Blank	Material	C.W.	Weight	R. weight	Assembly drawing no.
Col1	Datum / Date	Jmeno / Name					
Kretil / Drawn by	12.5.2014	OVČIČKA P.					
Prepracoval / Checked by				FAKULTA STROJNI ZAPADOCESKE UNIVERZITY V PLZNI			
Schválil / Approved by				<small>Všetchno právo vyhrazeno / All rights reserved</small>			
Index zmeny	Popis zmeny / change description	Schvál. / APP	Datum / Date	Podpis / Signature	Poznámka / Note		
Tolerance / Tolerování		Soubor-název / ASMDfile		Projekt / Project		Měřítko / Scale	
ISO 128		ISO 8015 ISO 2768mk		Vykres_4_Topeni		1:5	
Nazev / Title		Soubor-vykres / DRW-file		C sestavy / Assembly No.		Format	
SPODNI BLOK NASTROJE		Vykres_4_Topeni		Cislo vykresu / Drawing No.		KA03.09-4	
List / sheet no.		1		Pocet listu / sheets		1	

Časový plán kostrukce

Název	Pinčovací nástroj
Zakázka	KA03.09
Vypracoval	Ovčíčka Petr
Datum	7.5.2014

#	Název úkonu	Doba trvání	Týden 40					Týden 41					Týden 42					Týden 43					Týden 44					Týden 45		
			St	Čt	Pá	So	Ne	Po	Út	St	Čt	Pá	So	Ne	Po	Út	St	Čt	Pá	So	Ne	Po	Út	St	Čt	Pá	So	Ne	Po	Út
1	Konstrukce pinčovacího nástroje	36 dní																												
2	CAD konstrukce	14 dní																												
3	Zadání práce	1 den																												
4	Tvorba tvarových ploch	2 dny																												
5	Konstrukce nástroje	5 dní																												
6	Schválení CAD dat - interní	1 den																												
7	Schválení CAD dat - zákazníkem	2 dny																												
8	Tvorba výkresové dokumentace	3 dny																												
9	Nákup materiálu a jednotlivých dílů	11 dní																												
10	Nákup bloků	11 dní																												
11	Nákup normalizovaných součástí	5 dní																												
12	Výroba	11 dní																												
13	Vytvoření CNC programů	2 dny																												
14	Obrábění bloků nástroje	1 den																												
15	Vrtání topné soustavy	1 den																												
16	Ruční broušení nástroje	1 den																												
17	Kompletace nástroje	1 den																												
18	Kontrola	1 den																												
19	Kontrola nástroje dle zadání	1 den																												
20	Dodání	3 dny																												
21	Příprava na přepravu	2 dny																												
22	Přebrání zákazníkem	1 den																												