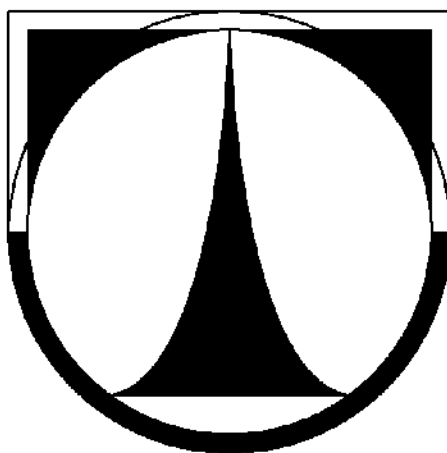


Technická univerzita v Liberci
Fakulta strojní



Peter Procházka

**ZAKRYTOVÁNÍ, ODSÁVÁNÍ TŘÍSEK A UPÍNÁNÍ OBROBKŮ
PROTOTYPU CNC STROJE**

Diplomová práce

2010

Technická univerzita v Liberci

Fakulta strojní

Katedra výrobních systémů

Obor: 2302T010 - Konstrukce strojů a zařízení

Zaměření: Obráběcí a montážní stroje

**Zakrytování, odsávání třísek a upínání obrobků prototypu CNC stroje
(Diplomová práce)**

KVS - OS - 318

Peter Procházka

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

Počet stran: 58
Počet příloh: 3
Počet obrázků: 64
Počet tabulek: 0
Počet modelů: 0
nebo jiných příloh: 0

V Liberci 05.01.2010

TÉMA: ZAKRYTOVÁNÍ, ODSÁVÁNÍ TŘÍSEK A UPÍNÁNÍ OBROBKŮ U PROTOTYPU CNC STROJE

ANOTACE: Práce se zabývá problematikou oplechování a odsávání třísek z pracovního prostoru univerzálního CNC stroje, kterou zároveň vyřešila. Dále uvedla širokou nabídku upínacích systémů a analýzu jejich fungování a vhodnosti pro použití na CNC stroji.

THEME: Making cover, chip exhaustion and work holding of the CNC machine prototype

The work deals and resolves problem of making cover and chip exhaustion the CNC machine's workspace. It then introduces a wide variety of binding devices and analysis of their functionality and applicability with a CNC machine.

Desetinné třídění: 432,1

Klíčová slova: CNC STROJ, OBRÁBĚNÍ, ZAKRYTOVÁNÍ, ODSÁVÁNÍ, UPÍNÁNÍ,

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů

Dokončeno: 2010

Archivní označení zprávy:

Počet stran: 58

Počet příloh: 3

Počet obrázků: 64

Počet Tabulek: 0

Počet modelů: 0

Nebo jiných příloh: 0

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo) a § 35 (o nevýdělečném užití díla k vnitřní potřebě školy).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Datum: 5. ledna 2010

Podpis:

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího diplomové práce.

V Liberci 05.01.2010

.....

Poděkování

Děkuji Ing. Petru Zelenému, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za zájem a věcné připomínky k tvorbě a organizaci práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Bohumilu Malému, zaměstnanci firmy Vzduchotechnika Chrastava, který mi svými připomínkami, náměty a radami pomáhal směřovat práci ke zdárnému cíli. Také děkuji Vendule Kalhausové za pomoc s českým jazykem a opravou diplomové práce. Děkuji i své rodině a přátelům za podporu během studia.

Obsah:

Použité zkratky	8
1. Úvod	9
2. Cíl diplomové práce	9
3. Dosavadní poznatky/současný stav	10
3.1 Konstrukce	10
3.2 Práce na stroji	13
3.3 Pracovní prostor	13
3.4 Zakrytování	14
3.5 Odstraňování třísek z pracovního prostoru	15
3.6 Upínání	15
3.6.1 Popis způsobů upnutí	15
3.7 Materiál Necuron	18
3.8 Shrnutí problematiky	18
4. Odstraňování třísek	19
4.1 Vysavače	19
4.2 Odsavače	21
5. Řešení třísek	24
5.1 Oplechování	24
5.1.1 Horní krytování	24
5.2 Rám	25
5.2.1 Dvířka	27
5.3 Montáž rámu a dveří	29
5.4 Montáž plechu	32
5.5 Odsávání	32
5.5.1 Zadní odsávání	33
5.5.2 Horní odsávání	34
5.5.3 Test odsávání odsavačem	36
5.5.4 Odsávání pomocí vysavače	36
5.6 Zhodnocení odsávání	37
6. Upínání obrobků – řešerše	38
6.1 Upínání na CNC stroji	38

6.2	Svěráky	39
6.3	Narážky/opěrky	40
6.4	Excentrické upínáky	41
6.5	Pákové upínače	42
6.5.1	Silové poměry rychloupínačů	43
6.6	Boční upínky	44
6.7	Pneumatické upínání přímé	45
6.8	Pneumatické upínání nepřímé	46
6.9	Upínací písty	47
6.10	Vakuové upínání	48
6.10.1	Vakuová deska a příslušenství	49
6.10.2	Použití	50
6.10.3	Síla upínání vakuem	50
6.11	Metoda zmražením	51
6.11.1	Síla upínání zmražením	52
6.12	Shrnutí upínacích možností	52
7.	Zhodnocení	54
	Použitá literatura	56
	Příloha	58

Použité zkratky

DP	Diplomová práce
TU	Technická univerzita
FS	Fakulta strojní
KVS	Katedra výrobních systémů
CNC	Computer Numerical Control (číslicové řízení počítačem)
CAD	Computer Aided Design (počítačem podporovaná konstrukce)
X, Y, Z	kartézský souřadný systém

1. Úvod

Na Technické univerzitě v Liberci na katedře výrobních systémů byl sestaven víceúčelový CNC stroj. Část práce řešila možnosti použití pohybového systému, který se pohybuje v základních kartézských souřadnicích X, Y, Z. Tím je například myšlen 3D tisk, 3D frézování, měření složitých součástí atd. To vše se děje pouhou výměnou koncového prvku. Byl navržen systém konstrukce a způsob pohonu pohybových os včetně ovládacího panelu. Současně byl sestaven samotný prototyp, který nyní slouží studentům jako studijní materiál a jsou na něm prováděny bakalářské a diplomové práce zabývající se změnou konstrukce, provedením a dalšími způsoby využití.

Víceúčelovou CNC frézku se především zabývali:

- Ing. Petr Zelený, Ph.D. – disertační práce – návrh prototypu víceúčelového CNC stroje
- Bc. Ondřej Láf – bakalářská práce – Přesnost obrábění na prototypu víceúčelového CNC stroje.

Tato diplomová práce se věnuje oblasti pracovního prostoru, neboť prototyp je sice plně funkční, ale chybí řada důležitých doplňků jako například krytování pracovního prostoru, odvod třísek z pracovního prostoru a systém upínání polotovarů určených k obrábění, dále koncové spínače krajních poloh, automatické najetí pozice včetně atd. Obráběným materiálem je zde především umělé dřevo, případně hliníkové materiály, ze kterých lze rychle a snadno vyrábět prototypy pro výrobu forem a různé prezentační předměty.

2. Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je zakrytovat pracovní prostor prototypu CNC frézky, dále vyřešit problém hromadění třísek v pracovním prostoru a jejich odstraňování během pracovního procesu. Dosud bylo zapotřebí složitých a zdlouhavých postupů, které ve výsledku snižovaly efektivitu a ekonomičnost. Další cíl této práce je řešit způsoby upnutí obrobků, rešerší o možnostech a způsobech upnutí obráběných předmětů a jejich zhodnocení.

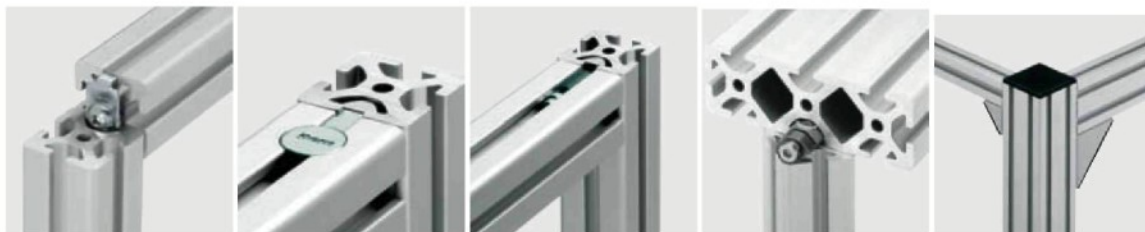
3. Dosavadní poznatky/současný stav

V současnosti se tento víceúčelový CNC stroj nachází ve fázi prototypu. Dokončena je jeho konstrukce, řídicí systém a pohony. Zakrytování a odsávání třísek, kterým se tato práce zabývá, je zatím řešeno provizorně a v případě obrábění se pracovní prostor zanáší třískami.

3.1 Konstrukce

Konstrukce CNC stroje je portálového typu a je sestavena z hliníkových profilů značky ITEM [1]. Základní tvar tohoto profilu je čtyřhranný a uprostřed plochy je drážka, podle které se hliníkové profily ITEM rozdělují na čtyři velikosti. Rozměry drážek jsou 5, 6, 8, 12 mm, délka profilů je maximálně 6 m. Prostředkem profilu prochází dutina o průměru závisícím na velikosti profilu.

Spojení profilů značky ITEM může být pravouhlé, pod různým úhlem, nebo jej lze natočit. Profily se k sobě přiloží požadovaným způsobem a spojí se např. úhlovou podpěrrou, která se pomocí šroubu a drážkové matky zajistí. Další možností je tzv. automatická spojka. Do profilu drážky se nejprve vloží šroub. Určený konec se zaslepí závitovým pouzdrem, které má průchozí otvor. Do drážky druhého profilu se opět vloží drážková matice a pomocí šroubu, který se opírá o pouzdro, se k sobě profily přitáhnou. Další možností je úhlové spojení, které se používá podobně jako úhlová podpěra, pouze je možné k ní připojit třetí profil. Novinkou ve spojování profilu je možnost natočení profilu o požadovaný úhel v kolmém směru na jiný profil. Click-Fastening Set je kruhovitěho tvaru a z jedné strany se šroubem napevno spojí s profilem středovým otvorem v profilu. Druhá strana se upevní opět pomocí drážkové matky v požadovaném místě s požadovaným natočením. Výše popsané spojovací způsoby jsou znázorněny na obr. 1.



Obr. 1 Ukázka spojení profilů [2]

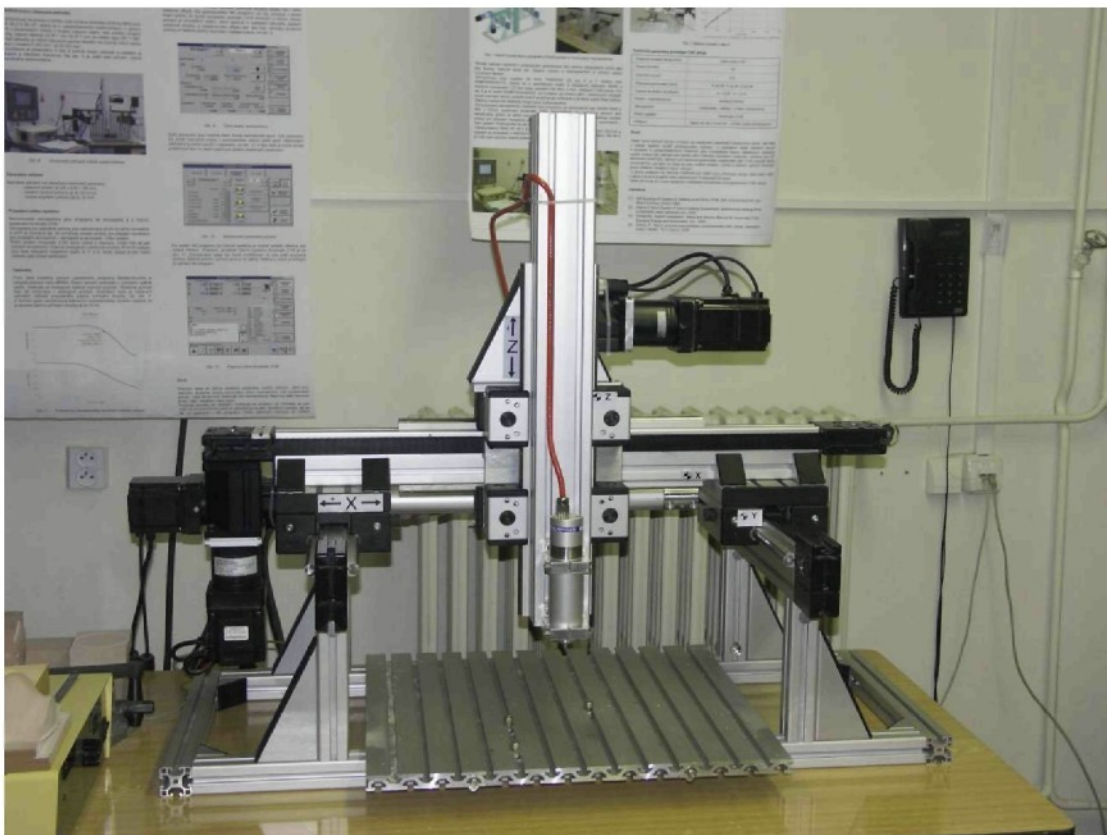
Stroj se pohybuje ve třech osách. V ose X, Y a Z k tomuto účelu slouží řemenové pohony. Vedení je kladičkové (obr. 2) a vždy leží dva páry kladiček proti sobě. Na profil jsou připevněny dvě kolejnice, na kterých je posazen modul s dvěma kladičkami. Z druhé strany je konstrukce totožná. Kladičky je možno excentricky utáhnout, čímž se eliminuje možná vůle. Kladičkové moduly jsou vzájemně spojeny širokým profilem obdélníkového tvaru.



Obr. 2 Kladičkového vedení [2]

K pohonu osy X a Y jsou použity servomotory typu SGMPH04AAE41D od firmy Yaskawa [3]. V ose Z je použit motor s označením SGMPH04AAE4CD, kdy označení CD na konci názvu značí přidanou brzdu. Motory jsou dodávány s integrovanou převodovkou s převodovým poměrem 1:10. Jejich výkon je 400 W a krouticí moment 1,27 Nm (krátkodobě 3,82 Nm). S konstrukcí jsou motory spojeny pomocí příruby. Elektrovřeteno typu HF 45.2 S 80 CP od firmy IBAG [4] je v ose Z připevněno k profilu svěrným spojem a jeho výkon je 375 W s možností plynulé změny rychlosti otáčení od 5 000 – 50 000 min⁻¹. Celý prototyp CNC stroje je zobrazen na obr. 4.

Základní rám je posazen na stůl a má tvar obdélníku, k němu je připevněna základní deska Bed Plate, která plní funkci upínací plochy. Na základní rám jsou připevněny čtyři podpěry, které tvoří základ pro dva mosty vytvořené z profilu. Tyto mosty jsou upraveny a slouží jako kolejnice pro portál. Vzadu jsou mostové konstrukce spojeny přes náhonovou hřídel, která pohání řemeny v nich uložené. Servopohon je z předního pohledu umístěn na levé straně a je přes spojku spojen s náhonovou hřídelí a slouží pro pohyb v ose Y. K portálu, který je v horizontální poloze, je na levé straně připojen servopohon pro pohyb v ose X. Dále je k němu připojena vertikální osa Z a servomotor umístěný na pravé straně. K dolní části profilu je pomocí svěrného spojení upevněno vřeteno.



Obr. 4 Prototyp víceúčelové CNC frézky

Pracovní prostor (obr. 5) má tvar kvádru s rozměry X, Y, Z - 229, 234, 127 mm a jeho základnu tvoří hliníkový profil Bed Plate, jehož šířka drážky je 8 mm a hloubka drážek je 12 mm. Nosnost profilu je 4,97 kg/m, nosnost spojovacího profilu 1,54 kg/m. Profil Bed Plate je určen pro univerzální upnutí různých upínacích systémů. Technické informace a další parametry o profilu jsou v příloze 1.

Servopohony ovládá řídicí systém Acramatic 2100 [5] (obr. 3), který vyrábí firma Siemens s možností řízení pěti os. První tři výstupy slouží k řízení os X, Y, Z. Čtvrtý je použit pro řízení vřetena. Pátý výstup je



Obr. 3 Řídicí systém Acramatic 2100

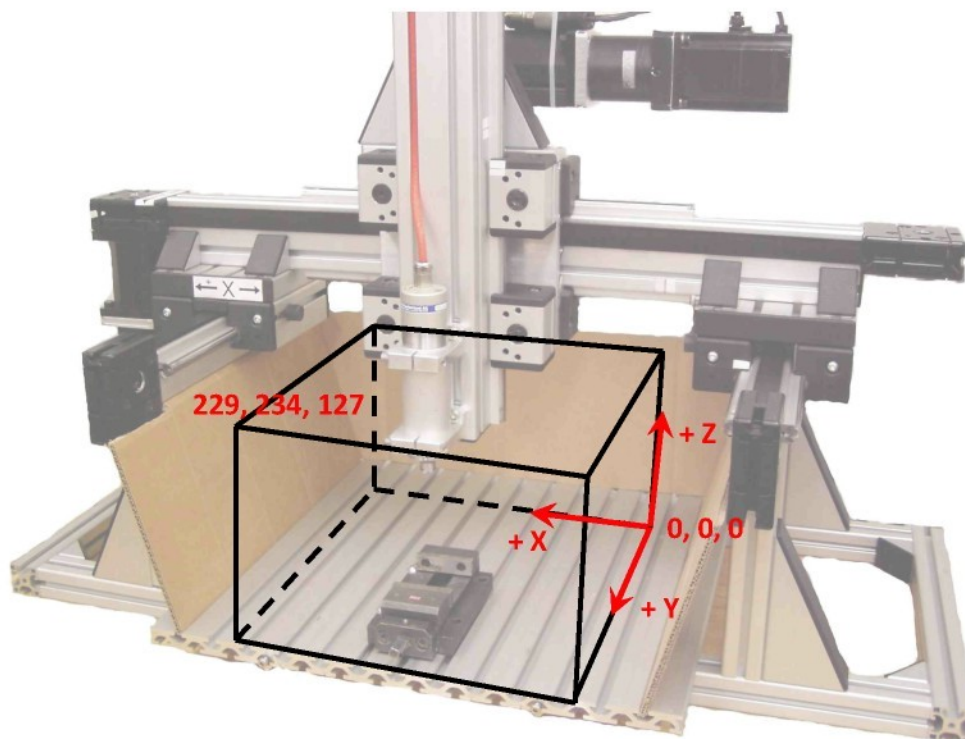
volný pro případnou další funkci.

3.2 Práce na stroji

Na pracovní desce Bed Plate je upnut obrobek. Způsob upnutí je podrobněji popsán v kapitole 3.6. Přední strana je zakrytována pomocí kartonu, jak je viditelné na obr. 6. Před zahájením samotné práce je nutné stroj seřídít. Učiní se tak najetím koncovým členem do referenční polohy, čímž si stroj určí svůj souřadný systém. Najíždění se provádí postupně za sebou pomocí jednotlivých os. Teprve poté je možné začít pracovat.

3.3 Pracovní prostor

Vzhledem k lehkosti materiálu a relativně vysoké rychlosti obrábění se materiál šíří podobně jako oblak prachu a usazuje se v rozích, odkud postupně zaplňuje celý pracovní prostor. Díky absenci horního krytu vystřelují třísky z pracovního prostoru a šíří se po celé místnosti, kde se prototyp nachází. Na základnu Bed Plate (obr. 5) je upevněn malý svěrák. Kolem něj je dokreslen přibližný tvar pracovního prostoru, ve kterém se pohybuje koncový člen vřetena a také boční kryty.



Obr. 5 Pracovní prostor prototypu [6]

3.4 Zakrytování

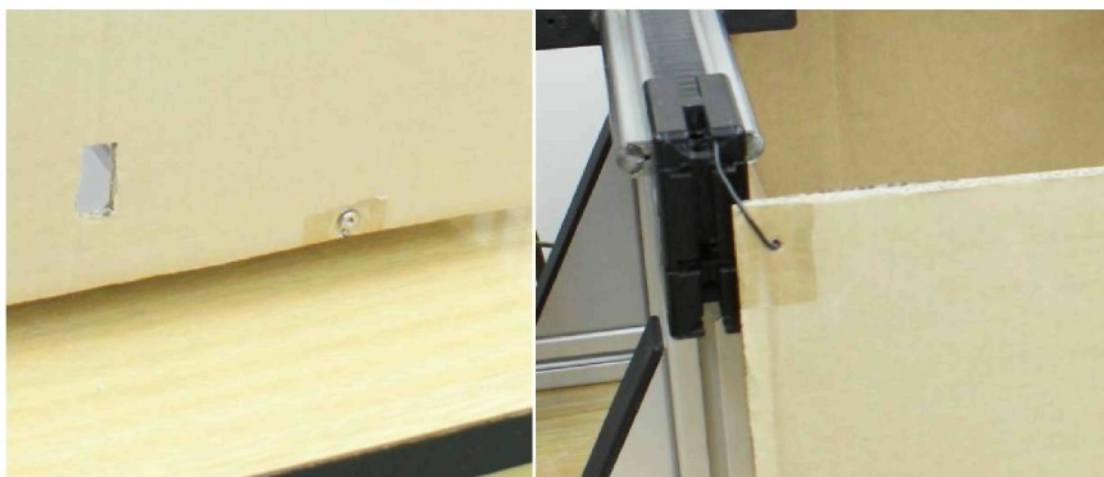
CNC stroj se zatím nachází v prototypovém stavu, není tedy vyřešeno zakrytování, jež lze rozdělit do dvou problematik.

První z nich se týká zakrytování stroje jako celku s ohledem na pohyblivé části a bezpečnostní předpisy. Tato část není dosud řešena žádným způsobem.

Druhá problematika se zabývá samotným pracovním prostorem. Dočasné řešení bylo provedeno pomocí kartonu. Pracovní prostor je uzavřen jen z části, což je viditelné na obr. 6. V posledních drážkách Bed Plate vpravo a vlevo se nachází kartonový papír, který je na svém druhém konci zasunut do volné drážky profilu mostové konstrukce. Karton na zadní části je svými okraji připevněn ke svislým profilům podpěry mostové konstrukce.



Obr. 6 Provizorní zakrytování



a)

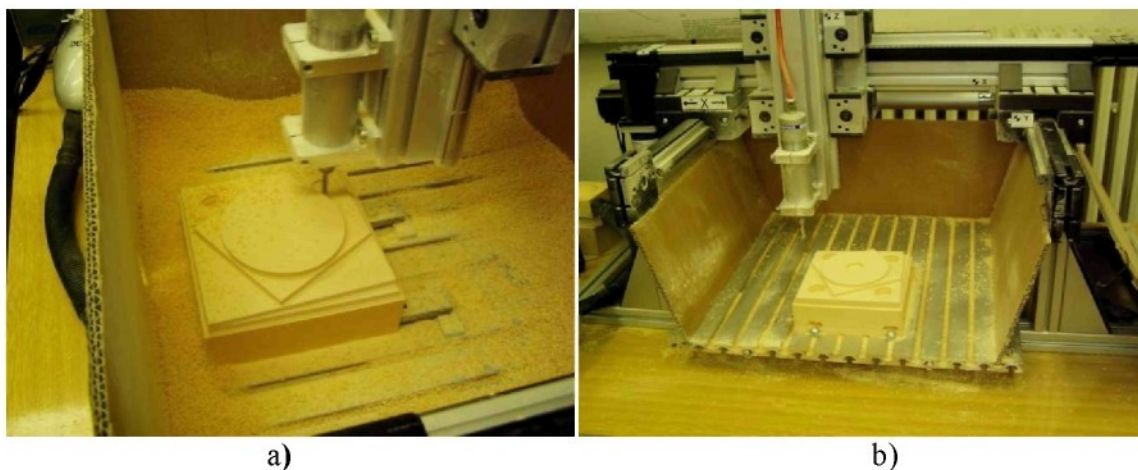
b)

Obr. 7 Detail uchycení předního krytu

Přední kryt (obr. 6) je možné odejmout. Jeho uchycení je vyřešeno připevněním dvou šroubů do přední části desky Bed Plate (obr. 7a). V horních rozích kartonu je připevněn hák vyrobený z drátu (obr. 7b). Spodní část kartonu se zasune do šroubů a pomocí horních drátových háků se poté připevní k rámu stroje. Otvor v předním krytu je určen pro kliku svěráku (obr. 7a).

3.5 Odstraňování třísek z pracovního prostoru

Pro vyčištění pracovního prostoru bylo zapotřebí z provozních důvodů přerušit činnost na stroji. Při opracovávání obrobků docházelo k ucpávání obráběných otvorů a u menších obrobků docházelo také k přikrytí vrstvou třísek. Na obr. 8a je vidět zanesený pracovní prostor a na obr. 8b vyčištěný pracovní prostor. Čištění se provádělo pomocí vysavače a smetáčku, tato činnost se ale podle složitosti výrobku musela opakovat i několikrát během obrábění jednoho dílu. Vzhledem k absenci horního krytu pracovního prostoru je důležité kontrolovat prach na kladičkovém vedení a servopohonech, případně jej odstranit.



Obr. 8 Ukázka práce

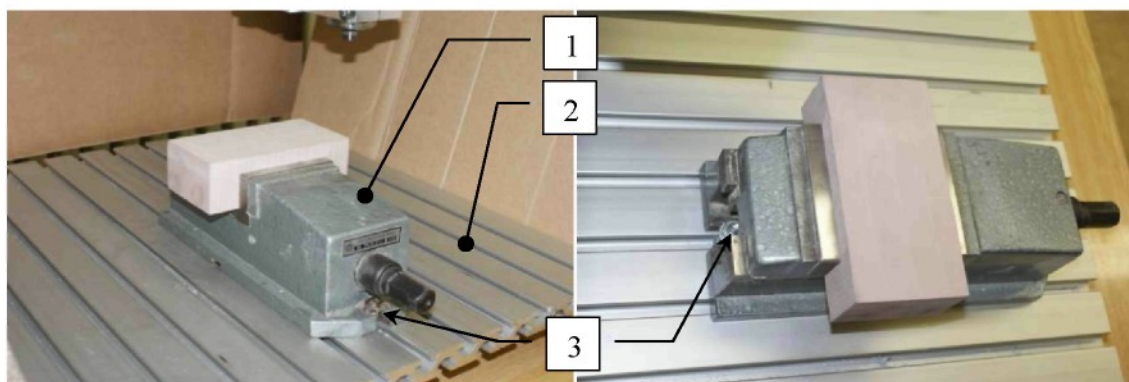
3.6 Upínání

Upínání obrobků pro práci na univerzálním CNC stroji bylo v době počátku zpracovávání této diplomové práce velmi zdlouhavé a v některých případech vyžadovalo přípravnou práci na samotném obrobku.

3.6.1 Popis způsobů upnutí

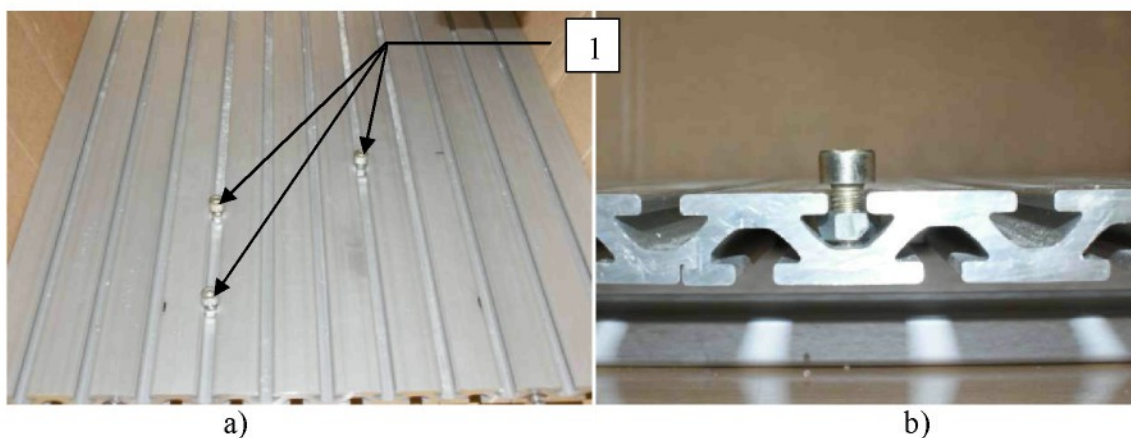
Na obr. 9 je k vidění základní způsob upnutí svěrákem 1 připevněným k základně Bed Plate 2 pomocí dvou šroubů 3. Ve svěráku je obrobek 4 uchycen svěrným

sevřením, což je základní způsob upnutí. V předním krytu viz. obr. 7a je vidět otvor, kterým prochází šroub pro kliku. Ve svěráku se mohou provádět základní operace, jako je například vrtání nebo frézování. Hrozí zde ale nebezpečí kolize nástroje se svěrákem.



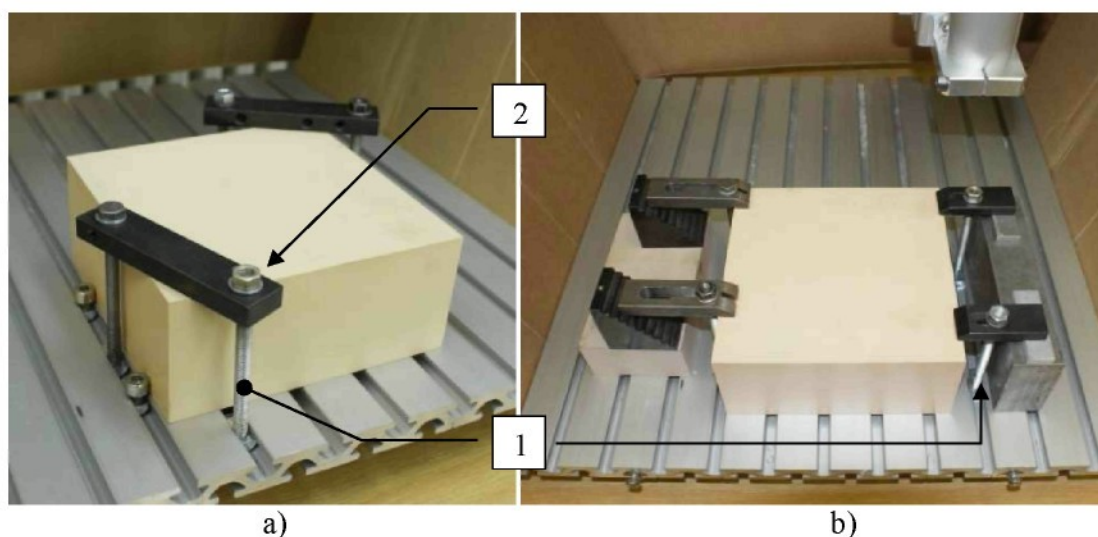
Obr. 9 Upnutí pomocí svěráku

Svěrák značně snižuje obrobitelnost v ose Z. V jeho dolní části se ukrývá mechanismus vyvozujiící upínací sílu. Prostor pro tento mechanismus zabírá značnou část podstavy a je přímo úměrný velikosti svěráku. Tento způsob upnutí je vhodný pro menší díly.



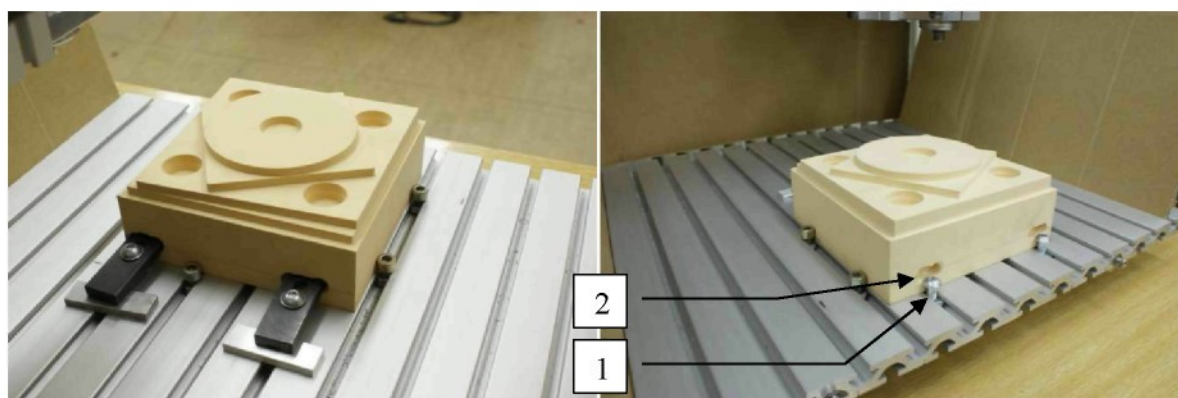
Obr. 10 Boční nárazky

Obrobky, které se do svěráku nevejdou, se musí upnout pomocí jiných systémů. Na obr. 10a je vidět, že na základní desce Bed Plate jsou umístěny tři šrouby 1. Ty slouží jako doraz k správnému umístění obrobku do pracovního prostoru a zaručují stejnou polohu při opakovaném upnutí téhož polotovaru, aby se opakovaně nemusela zjišťovat poloha obrobku v pracovním prostoru. Na obr. 10b je znázorněn způsob uchycení těchto šroubů. Jejich upnutí je dáno rozpěrnou silou mezi plochou matky s Bed Plate profilem a na konci šroubem, opírajícím se o dno drážky.



Obr. 11 Upnutí pomocí upínek

Na obr. 11 jsou znázorněny další způsoby upnutí. Obr. 11a znázorňuje způsob upnutí jednoduchým způsobem. Ze závitové tyče 1 se uříznou potřebné délky pro upnutí a zdola se našroubuje drážková matice odpovídající drážce profilu. Při upnutí se přes roh položí čtyřhran se dvěma otvory a shora se pomocí dvou matek utáhne 2. Výhodou je rychlé a snadné upnutí bez delších příprav. Nevýhodou je znemožnění využití celé horní plochy k obrábění a také hrozí kolize nástroje s upínáky. Také nerovnoměrné upnutí může způsobit škodu na obrobku například odlomením hrany či jeho stlačením. Obr. 11b znázorňuje upnutí obrobku klasickými upínkami a podložkami. Zde jsou ovšem kvůli velké výšce obrobku použity také závitové tyče 1. V tomto případě nehrozí odlomení nebo ohnutí rohu. Ovšem i zde může dojít ke kolizi nástroje s obrobkem, ale především nelze pracovat na celé ploše obrobku. Při příliš hlubokém opracovávání by mohlo dojít k borcení stěny, na které jsou umístěny upínky.



Obr. 12 Upnutí s předchozí úpravou obrobku

Na obr. 12 je vidět dosavadní nejpoužívanější způsob upínání. Obrobek je položen na základnu Bed Plate a opřen o dorazy. Přední upínky jsou nahrazeny šrouby 1, protože schází potřebné místo. V samotném obrobku jsou již vyrobeny drážky 2. Ty jsou frézovány do obrobku již před tím, než dojde k jeho upnutí. Pomocí těchto drážek je pak možné obrobek upnout ve spodní části. Tímto způsobem se docílí možnosti obrábět na celé horní ploše obrobku a také je zmenšena možná kolize nástroje s obrobkem. Tato metoda upínání ovšem vyžaduje předzpracování obrobku, což v nesériové výrobě, pro kterou je tento CNC stroj převážně určen, značně snižuje efektivitu a ekonomičnost celé výroby. Mezi další nevýhody patří trvalé a nevratné poškození obrobku právě díky těmto drážkám. Z praxe je zřejmé, že tento způsob upnutí vyhovuje a je dostatečný.

3.7 Materiál Necuron

Jedná se o umělé dřevo, tzv. SikaBloky. Jsou to pěnové materiály vyrobené z Polyuretanu, které mohou být buď měkké, nebo tvrdé. Tento typ materiálu lze mnohostranně využít, například v izolačních materiálech, v modelářství, v interiérech, výplních automobilů apod. Má podobné vlastnosti jako dřevo a dodává se ve standardizovaných rozměrech 1500x500x50 (75, 100, 150) mm. Jiné rozměry se dodávají na vlastní žádost.

Materiál je chemicky neškodný a prach nedráždí dýchací cesty. Přesto by však koncentrace prachu v ovzduší neměla přesáhnout 6 mg/m^3 . Teplota pro zpracování by se měla pohybovat v rozmezí $18 - 25^\circ\text{C}$. Při transportu ani skladování by neměly nastat velké výkyvy teplot.

Na KVS se při obrábění používá materiál s označením Necuron 480 od firmy NECUMER-PRODUCT [7]. Tento typ materiálu nemění při obrábění své fyzikální vlastnosti do teploty 65°C . Jeho hustota je $0,48 \text{ g/cm}^3$. Odolnost vůči tlaku činí 12 N/mm^2 a ohybová pevnost 15 N/mm^2 . Podrobnější informace v příloze 2.

3.8 Shrnutí problematiky

Prototyp CNC stroje nemá vyřešen odvod třísek z pracovního prostoru. Musí se tedy vyřešit zakrytování celého stroje a také pracovního prostoru s ohledem na jeho pohyblivé části. Operační prostor koncového členu vřetena je v poměru se základní

deskou malý, což usnadňuje způsob konstrukčního řešení zakrytování pracovního prostoru.

Upínání obrobku je zdlouhavé. V případě výroby rozměrnějších výrobků je zapotřebí obrobek před upnutím nejprve zpracovat. Nevyužitý prostor v zadní části základní desky lze použít pro upínací systém.

4. Odstraňování třísek

Při řešení zakrytování pracovního prostoru CNC stroje a odstraňování třísek z tohoto prostoru vyplynulo, že tato dvě témata spolu budou souviset. Spočívá to ve způsobu odsávání, který lze provést buď vysavačem nebo odsavačem.

4.1 Vysavače

Průmyslové vysavače dokážou vytvořit podtlak v rozmezí 15 až 30 kPa. Vysavač v závislosti na typu odsává vzduch v objemu okolo 150 až 300 m³/h., což je jedním z určujících faktorů, zda je daný vysavač vhodný pro domácnost nebo profesionální použití. Vysavače, které jsou určeny pro profesionální použití, jsou dále rozděleny dle uplatnění buď v úklidových agenturách, nebo v dílenských prostorách.

Jejich účinnost je v těsné blízkosti vstupního otvoru. To znamená, že sací otvor musí být umístěn co nejbližší ke zdroji nečistot, v tomto případě k frézovací hlavě CNC stroje. Vysavače se dělí na tři základní typy podle způsobů zachycení nečistot. V následujícím odstavci jsou uvedeny tři základní typy vysavačů, které se liší podle způsobu zachycování nečistot:

- Způsob zachycení pomocí vaků vložených do vysavače. Nevýhodou tohoto typu vysavače jsou vaky, které nelze recyklovat. Jejich výhodou je naopak jednoduchá manipulace při čistění, neboť dochází pouze k výměně plného vaku za nový. Jedná se o nejčastěji používaný vysavač. Mezi prodejce patří např.: Philips [8], Bosch [9], Elektrolux [10], Numatic [11] (obr. 14).
- Způsob zachycení pomocí nádrže s vodou, která zachycuje nečistoty. Částice, které nezadrží voda, jsou zachyceny malým textilním filtrem. Po ukončení práce se špinavá voda vylije a nádržka se musí vypláchnout, případně je třeba důkladného odstranění nečistoty. Textilní filtr se jednoduše vyklepe. Výhodou tohoto typu

vysavače je, že není zapotřebí dokupovat filtrační vaky a vysávat lze i mokré předměty. Nevýhodou je zdlouhavé mytí a neschopnost zachytit mastné nečistoty. Prodávají je na příklad firmy: Bosch, Hyla [12] (obr. 13a).

- Způsob zachycení pomocí bezsáčkového systému vyvinutým Jamesem Dysonem. Technologie se nazývá „DualCyclone technologie“ a je patentována zmíněným autorem. Odlučování nečistot od vzduchu je provedeno za pomoci cyklonu. Nečistoty jsou vytlačovány na okraj nádoby, ale čistý vzduch je prostředkem vyveden ven. Výhodou je údajná nemožnost ztráty sacího výkonu. Čištění probíhá vyklepáním nečistot z nádoby. Prodejcem je firma DYSON [13] (obr. 13b).



Obr. 13 Další vysavače [12] [13]

Na obr. 13a je vodní vysavač značky HYLA. Jeho tvar je kruhovitý s rozměry 335x335x450 (šířka, délka, výška v [mm]). Přístroj je posazen do snímatelné jezdící podstavy s natáčecími kolečky. Nad každým kolečkem je přípravek pro držení vysávací roury a jiného příslušenství. Plastová nádoba je kruhovitěho tvaru a vejdu se do ní cca 4 l. Dále je do ní umístěn otvor pro nasazování sací hadice. Shora je k této nádobě pomocí dvou rychloupínáků připevněna motorová jednotka s turbínou.

Na obr. 13b jsou vysavače značky DYSON ve dvou základních provedeních: stojanové a podlahové. Stojanové vysavače mají zdola sací otvor a pohybují se na kolečkách. Ke spodku je přes naklápěcí kloub připevněn stojan, který je v horní části zakončen rukojetí. K němu je připevněna filtrační a motorová část vysavače. Stavba podlahového vysavače je odlišná. Motorová a podvozková část je v jednom kuse, ke kterému se připojuje filtrační zařízení. Hadice pro vysávání je nastálo připevněna k motorové a podvozkové části.

V dílnách KVS je k dispozici zakoupený vysavač značky Numatic, typ GVE 370-2 (obr. 14). Jeho elektrický výkon je 1200 W a sací výkon 144 m³/h. Vysavač dokáže pojmout 9 litrů nečistot a nevadí mu vlhké vysávání. Vysávaná hmota se zachycuje do speciálně upraveného papírového vaku. Další filtrační vložka je vyrobena z textilie a zachycuje částice, které nejsou zachyceny papírovým vakem.



Obr. 14 GVE 370-2 [11]

Vysavač od firmy Numatic (obr. 14) se skládá ze dvou částí. Spodní část je podvozek pohyblivý do všech směrů. Ten je spojen s kulatou nádobou, ve které se nachází filtrační papírový vak. Zde se napojuje sací potrubí. Horní část vysavače je motorová jednotka s turbínou. Spojeny jsou pomocí rychloupínače. Rozměry přístroje jsou 355x355x500 (šířka, délka, výška v [mm])

4.2 Odsavače

Odsavače vytvářejí velký proud vzduchu a odsávají jej v hodnotách od 600 m³/h a více. Horní hranice se pohybuje okolo 9 000 m³/h. Tyto systémy odsávání dokážou vytvořit podtlak v rozmezí 1,0 až 2,3 kPa. Velké odsávací stanice umístěné mimo provozovnu mají výkon až 80 000 m³/h a obvykle odsávají v celém areálu provozovny. Tento systém je využit především ve dřevozpracujícím průmyslu. Piliny jsou skladovány ve velkých silech a poté odváženy k dalšímu zpracování.

U odsávacích systémů používaných uvnitř dílen převládají dvě konstrukční řešení viditelné na obr. 15 a 16.

Základ stroje (obr. 15) tvoří tyčový rám do tvaru U, kde jsou v dolní části připevněna kolečka pro jednoduchou manipulaci po dílně. V horní části jsou konce U-konstrukce spojeny plechovou skříní skrývající technologickou jednotkou, ve které je na jedné straně (shora dolů) uložen motor, ventilátor a sací roura. Na straně druhé se nachází větrný proudový směrovač pilin, nad ním je klecová konstrukce převlečená látkovým vakem a připevněná k technologické jednotce. Zdola je připevněn plastový zachytávač. K upevnění je použita další obruč. Rozměry celé odsávací jednotky jsou 390x780x1900 (šířka, délka, výška v [mm]).



Obr. 15 FT 100 SF [14]



Obr. 16 POC 6 [15]

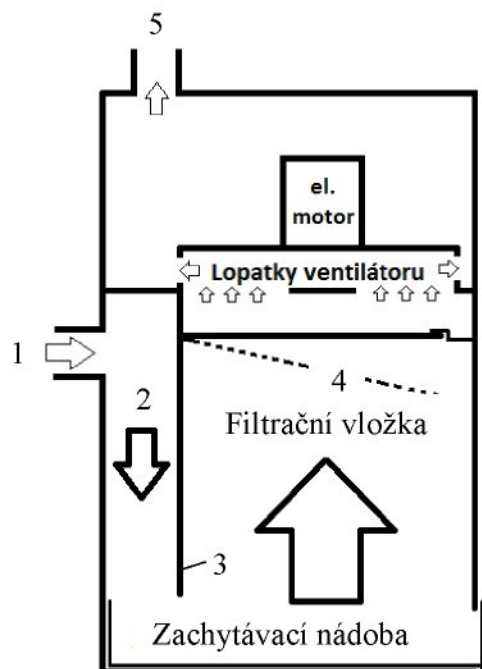
Model POC 6 (obr. 16) je skříňové konstrukce bez možnosti jednoduché manipulace a má rozměry 780x390x1900 (šířka, hloubka, výška v [mm]). V zadní části, zhruba v polovině přístroje se nachází vstup do přístroje, poté následuje přepážka. Ve spodní části je přepážka přerušena a na dně se nachází nádoba na nečistoty. Polovinu stroje zabírá textilní filtr viditelný na obr. 16. V horní části je umístěn ventilátor s motorem a výstupním otvorem pro vzduch.

Na obr. 15 je pravděpodobně nejjednodušší odsávací systém firmy Adamik [14] na trhu. Je používán převážně k truhlářským účelům, např. u pil, hoblovek apod. S jeho pomocí lze odsávat i hliník. Elektromotor 1 je spojen s ventilátorem ukrytým pod plechem 2. K tomuto ventilátoru je připojeno vedení 3, které nasává piliny z prostoru pracoviště. Dochází tedy k nasávání pilin a pomocí ventilátoru se vytváří proud vzduchu k jejich dopravení do horního látkového vaku 4, pod kterým je jednoduchá tyčová klec. Tato klec zajišťuje, aby nedocházelo ke zhroucení vaku po vypnutí ventilátoru. Dolní plastový pytel 5 tvoří zásobník na piliny, které do něj padají z horního vaku v klidovém stavu. Odsavač není vhodný pro odsávání olejových mlhovin. Cena nejjednoduššího provedení, např. pro domácí kutilské využití, se pohybuje okolo hranice 10 000 Kč, profesionální systémy se prodávají od 16 000 Kč.

Na obr. 16 je odsávací systém firmy Vzduchotechnika Chrastava [15], model POC 6, který byl touto firmou zapůjčen KVS k odskoušení odsávání. Je to nejmenší

filtrační jednotka ve výrobním programu firmy. Cena za tuto jednotku v základním provedení se na trhu pohybuje od 16 000 Kč.

Konstrukce POC 6 je složitější než konstrukce na obr. 15. Na obr. 17 (POC 6) je šipkami znázorněný systém proudění vzduchu v tomto zařízení. Vzduch s pilinami vstupuje skrze otvor 1 do filtračního zařízení. V prostoru 2 dojde ke zpomalení proudu vzduchu a k nárazu těžkých třísky o přepážku 3, následkem čehož třísky zpomalí a padají do zachytávací nádoby na dně filtrační jednotky. Zpomalený proud vzduchu tuto nečistotu už nestrhává dál s sebou, protože částice jsou příliš těžké a proud vzduchu příliš slabý. Prach, který samovolně do nádoby na dně nespadl, nebo byl zvržen proudem vzduchu, se kterým pokračuje dále, prochází skrze filtrační látku, do které se zachycují veškeré zbytky hmotných nečistot. Tento filtr se čistí buď ručně 4, nebo automaticky pomocí pneumatického pístu. Ventilátor musí být v klidovém stavu a teprve poté lze provést výše zmíněné čištění, aby nečistoty popadaly do nádoby na dně. Proud vzduchu je dále nasáván lopatky ventilátoru poháněným elektrickým motorem a vystupuje otvorem 5 do prostoru. V některých případech lze na tuto soustavu napojit další filtrační jednotky. Je možné jednotku rozšířit o odlučovač vlhkosti pro olejové mlhoviny. Čistý vzduch lze též nechat proudit ven daným otvorem nebo jej vyvést pomocí systému trubek na požadované místo vypuštění.



Obr. 17 POC6 v řezu

Model POC 6 dokáže vytvořit podtlak o síle 1,6 kPa a objem čerpaného vzduchu je 600 m³/h. Jeho akustický výkon je měřen na 62 dB, což je výrazně nižší zvuková hladina než u odsavačů typu Adamik.

5. Řešení třísek

Odstraňování třísek z pracovního prostoru během pracovního procesu je možné několika způsoby. Před rozбором možností se ovšem musí jasně vymezit prostor, ve kterém se třísky mohou vyskytovat.

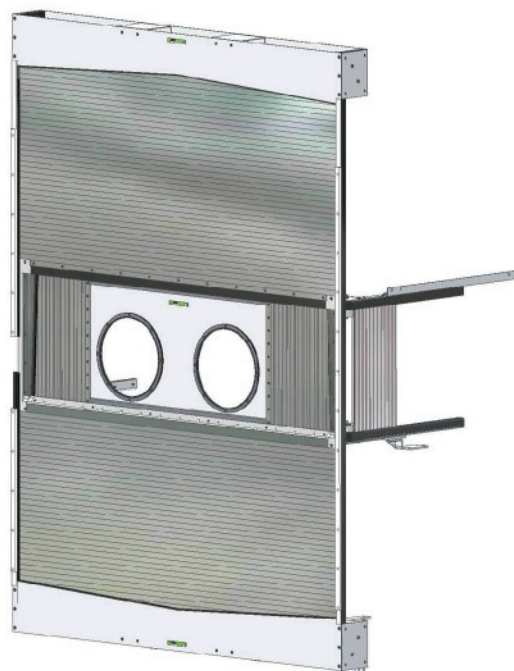
5.1 Oplechování

Složitost zakrytování pracovního prostoru spočívá v malých rozměrech univerzálního CNC stroje. Komplikací je především pohyblivá část ve stropním prostoru, kde pohyb nastává ve všech třech osách. Pro zakrytování je dále důležitý způsob odsávání. Pracovní prostor má tvar kvádru, z něhož se odvíjí první část zakrytování. Jedná se o přední a zadní stranu, dále boční stěny nalevo a napravo. Boční a zadní strany jsou statické a jsou zhotoveny ze svařence. Je zapotřebí, aby přední strana byla odnímatelná kvůli manipulaci s obrobkem, konkrétně kvůli jeho vložení, upnutí a opětovnému vyjmutí.

Plech byl naohýbán a svařen firmou Vzduchotechnika Chrastava. Je vyroben do tvaru písmene „U“ z plechu silného 1,3 mm.

5.1.1 Horní krytování

Kryt ve stropním prostoru vyžaduje dva stupně volnosti, v ose X a Y. V ose Z musí být umožněn pohyb ve vertikálním směru. Nejvhodnějším systémem pro tento způsob pohybu je Push-Pull. Systém spočívá v přenosu pohybu pomocí dotyku. Vřeteno se pohybuje a kryt kopíruje pohyb vřetena v ose X a Y. Kryt je tvořen roletovými systémy, které jsou připevněny jedním koncem k přípravku napojenému systémem Push-Pull k vřetenu. Druhý konec je volně vložen do roletového vedení.



Obr. 18 Roletový Push-Pull system [16]

Protože je tento systém poměrně malý, není potřeba vkládat do roletového systému předpětí (např. pomocí napínacích pásů či pružin). Z tohoto důvodu je důležité, aby pojezdy ve vedení měly co nejmenší odpor v pohybu a setrvačné hmotnosti nabývaly malých hodnot.

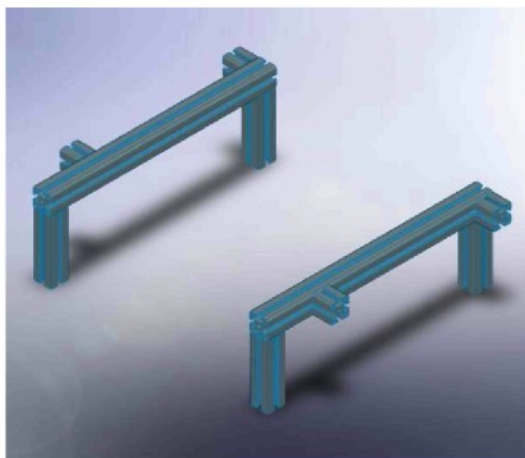
Roletové systémy tohoto typu používá např. firma Hennlich. V závislosti na velikosti stroje se používají rolety bez předpětí. V případě rolet, kde je délka vedení příliš dlouhá, se roletový systém doplňuje předpětím, aby nedocházelo k jejich zkřížení vlivem vysokých třecích sil, které vznikají právě dlouhým vedením. Dalším důvodem možného zkřížení rolet mohou být i špatně pracující stěrače. Předpětí se vyvozuje pružinou nebo napínacími pásy. Podmínkou fungování systému je ovšem spojení obou konců rolet výše uvedeným způsobem tak, aby tvořily uzavřený okruh, v němž je definované předpětí. Nahrazení uzavřeného okruhu lze docílit pomocí točných pružin, jejichž efektivita je ovšem menší. Do velkých soustav jsou nasazovány servomotory.

Po konzultaci se zástupcem firmy Hennlich Industrietechnik [16] se došlo k závěru, že roletový systém by mohl být aplikován i na univerzální CNC stroj ve směru pohybu X. Malá velikost rolet se šířkou cca 100 mm lze aplikovat do prašných prostředí, aniž by docházelo k jejich zadrhávání při použití ochranných prostředků.

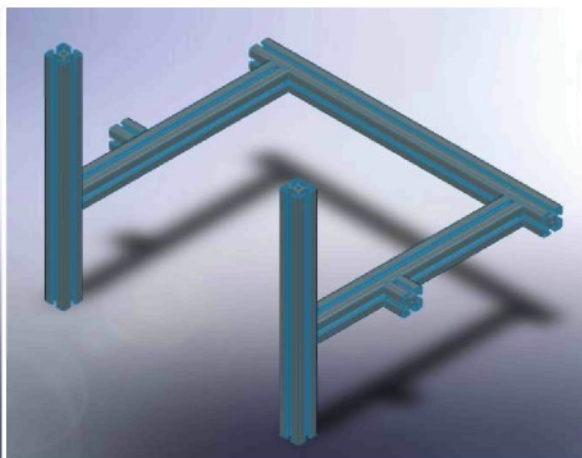
Nejdůležitější je však přístup k pracovnímu prostoru. V případě úplného zakrytí je rozměr vstupního otvoru 440 x 180 mm (šířka x výška), což není zcela dostačující. Tyto rozměry neumožňují pracovníkovi vhléd do pracovního prostoru. Také vizuální kontrola při obrábění by tímto způsobem byla omezena. Přední část od vřetena ke dvířkům musí z tohoto důvodu zůstat odkryta.

5.2 Rám

Rám pro zakrytování je ukotven k hlavnímu rámu CNC stroje, a to ke sloupům mostové konstrukce a základní desce Bad Plate. Byl navržen rám (Obr. 21), který vzešel z prvotního návrhu patrného na obr. 20. Jednoduchou změnou konstrukce se zlepšila tuhost a snížil se počet potřebných profilů.

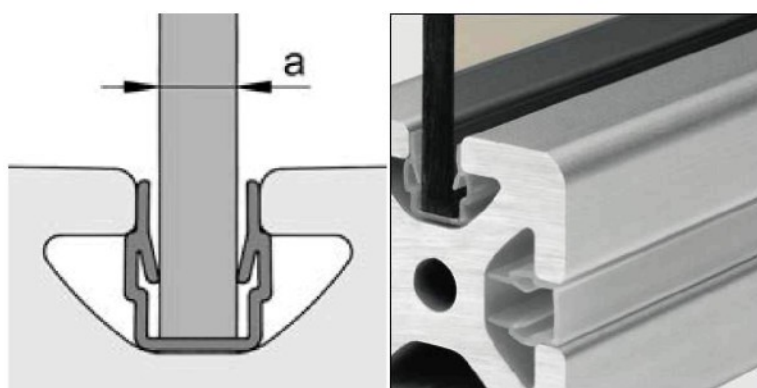


Obr. 20 Prvotní návrh



Obr. 21 Řešení rámu

Spojení plechového krytu s rámem je možné provést několika způsoby. Nejjednodušší je způsob spojení pomocí drážkových vložek (obr. 19). Podmínkou pro jeho zhotovení je vzájemná návaznost drážek

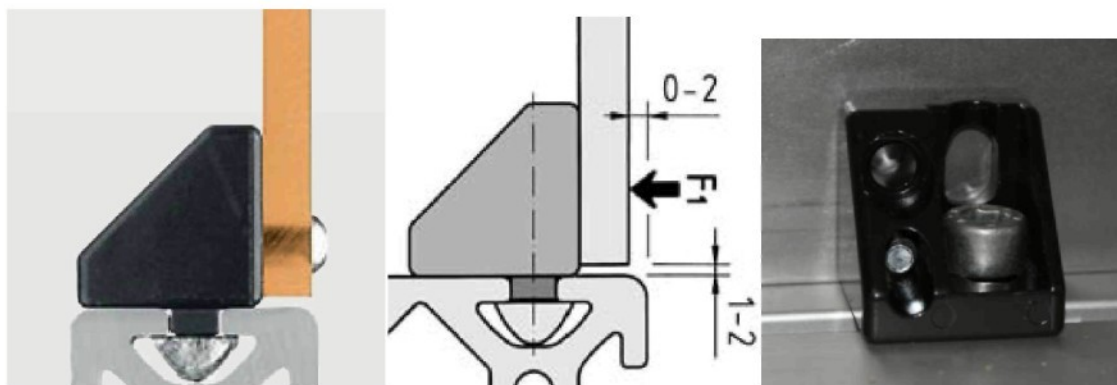


Obr. 19 Profilová vložka [2]

po obvodu, kam se poté jako výplň vsune plech. Do drážky se vloží Einfassprofil, který drží výplň v drážkách profilu. Tento způsob však nezvyšuje celkovou tuhost CNC stroje a není možné vyrobit krytovací plech z jednoho kusu. Vzhledem k tomu, že je plech uprostřed profilu zasazen do drážky, vznikají další hrany a zákoutí, kde se mohou usazovat třísky. V zadní části je profil natočen tak, aby se docílilo šikmé stěny ve tvaru trychtýře pro jeden z typů odsávání. Netěsnost tohoto způsobu řešení je také značná, protože se v plechu musejí vyrobit vybrání kvůli spojovacímu systému samotných profilů. Tento způsob řešení byl hned v jeho počátcích zamítnut jako nevyhovující a příliš nákladný.

Zakrytování plechovým svařencem z jednoho kusu plechu, který se pomocí šroubů a speciálních přípravků připevní k rámu, má několik výhod. Jednou z výhod je zvýšení tuhosti celého rámu CNC stroje. Dále z pracovního prostoru zmizí veškeré rohy a nevzniknou nová zákoutí. Posléze dojde k zakrytí plechem všech drážek, ve kterých by se mohly usazovat třísky. Kryt bude snadno odnímatelný a nebude tudíž překážet při

dalších úpravách CNC stroje. Montáž se provádí provrtáním plechu v příslušném místě a poté dojde k jeho upevnění pomocí šroubu a drážkové matice. To platí pro místa, kde je přítomen profil. V dolní části jsou k tomuto účelu použity univerzální držáky, upevněné k desce Bed Plate s nastavenou vzdáleností od drážky. K té se šroubem přitáhne plech (obr. 22).



Obr. 22 Upevnění desky k profilu pomocí multiblok [2]

5.2.1 Dvířka

Konstrukci manipulačního otvoru, tedy otvoru kudy se vkládá a vyjímá obrobek, lze řešit několika způsoby. Jedním ze způsobů jsou zvedací dvířka ve vertikálním směru nebo dvířka posuvná ve směru horizontálním. Poslední variantou je pantový systém.

Dvířka jsou většinou průhledná a umožňují pohled na obrobek při obrábění. V případě svařování nebo vypalování laserem není možné tato průhledná dvířka použít z důvodu bezpečnostních předpisů a ochrany pracovníků. Proto také nebude možné použít zmíněný CNC stroj ke svařování nebo opracovávání laserem.

Posuvná dvířka ve vertikálním směru jsou ve svém provedení technicky nejnáročnější a používají se většinou jen z prostorových důvodů, tedy v případě, že v okolí není dostatečné místo pro jiný způsob otevírání dvířek. Náročnost tohoto provedení spočívá v zajištění horní polohy dvířek a zároveň v jejich odlehčení v případě, že mají příliš velkou hmotnost. Odlehčení je možné provést např. pomocí pružin nebo protizávaží.

Posuvná dvířka v horizontálním směru jsou nejčastěji používána v automatizaci spolu s předchozí variantou. Jejich konstrukce je jednoduchá a vyžaduje minimální

prostor po stranách, kam se při otevírání dvířka posunou. Většinou se vyrábějí z prostorových důvodu dělená. Posuv je pak rozdělen rovnoměrně na obě strany.



Obr. 23 Mazak INTEGREX



Obr. 24 EMCoturn

V běžném provozu je tento druh dveří možné vidět u velkých CNC strojů, např. MAZAK [22] (obr. 23) a EMCoturn [23] (obr. 24).

Dvířka jsou složena z rámu s madlem upevněným dle způsobu otevírání. Uprostřed se nachází průhledná přepážka z polykarbonátu. K tomuto rámu jsou dále připevněny kladičkové pojezdy, které se posouvají po kolejničkách. Ty jsou spojeny s vnitřním rámem CNC stroje, ke kterému je připevněno oplechování pracovního prostoru. Hmotnost těchto dvířek je malá a není tedy zapotřebí odlehčení, např. protizávažím. V uzavřené poloze jsou dvířka zajištěna kuličkovou západkou. Nacházejí-li se dvířka v horní poloze, je k jejich zajištění použita také kuličková západka. Ta vytváří takovou upínací sílu, že ji hmotnost dvířek nepřekoná a nedojde k samovolnému uzavření dvířek. Pro horizontální pohyb tento problém teoreticky odpadá, neboť dvířka se vlastní vahou nemohou zavřít. Z bezpečnostního důvodu lze i v tomto případě doplnit systém zachycení kuličkovou západkou. Důvodem, proč jsou tyto lineární systémy dvířek nejčastěji používány v automatizaci, je jejich lineární vedení, ke kterému lze bez větších obtíží připojit motor pro přímočarý pohyb.

Další možností jsou pantová dvířka. Rám s polykarbonátovou výplní a madlem je k základnímu rámu přichycen pomocí dvou pantů. Dvířka mají otevírací rádius, který nemá použití v automatizaci kvůli prostorové náročnosti a složitější mechanizaci. U pantových dvířek lze v některých případech vynechat jejich rám sestavený z profilu. Vzhledem k tomu, že je zde možnost opřít se o obdélníkový rám, který je tvořen ze tří stran profilem a čtvrtá strana základní deskou Bad Plate, mohou být dvířka zhotovena ze

samotného polykarbonátu. Do něj lze upevnit jak madlo, tak kuličkovou západku i samotné panty. Aby bylo možné dvířka otevřít v úhlu 0° – 180° , musí se základní rám zmenšit z profilu 40x40 L na profil 30x30 L. Tato změna umožní použití polykarbonátu o tloušťce 5 mm, který je k tomuto účelu dostatečně tuhý.

Při výběru vhodného řešení patří mezi základní požadavky jednoduchost a nízké pořizovací náklady. Vertikální způsob otevírání je totiž příliš složitý na konstrukci a zajištění dvířek v příslušných polohách. Dalším problémem vertikálního způsobu bylo příliš vysoké provedení, protože vedení musí mít dvounásobnou délku než je výška samotných dveří. Podobné potíže se vyskytují i u horizontálního způsobu, kdy je vedení příliš dlouhé a finančně náročné.

Vzhledem k tomu, že není potřeba minimalizovat operační prostor a pořizovací cena obou systémů lineárního vedení je vysoká, je aplikace v tomto případě zbytečná. Nejlevnějším a také nejjednodušším řešením, které je možné uplatnit na CNC stroji, je pantový systém.

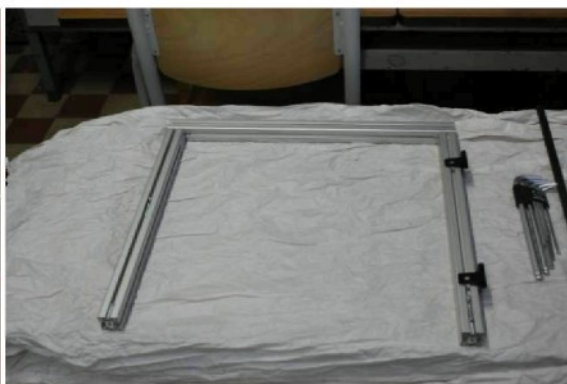
5.3 Montáž rámu a dveří

V počítačovém CAD programu SolidWorks byl nakreslen rám (obr. 21). Jeho součástky v 3D provedení, mezi které patří profily, panty a další, byly staženy přímo z webových stránek společnosti ITEM GmbH. Z výkresu sestavy A2 – KVS – VS – 00 – 00 byl vygenerován poptávkový list, který byl odeslán e-mailem spolu s výkresem jako podklad pro poptávku do tří firem. Z nich byla za dodavatele zvolena firma Haberkon Ulmer s.r.o [17], objednávka v příloze 3.

Montáž rámu proběhla v dílenských prostorách KVS. Zde je vidět upnutý profil do svěráku (obr. 25), do kterého se elektrickou vrtačkou našroubovává dutý šroub se samořezným závitem. Poté se rozložily profily do polohy, ve kterých měly být spojeny, zvlášť rám pro kryt a zvlášť rám pro dvířka, např. obr. 8. Při té příležitosti bylo také doobjednáno dvanáct drážkových matic potřebných velikostí.

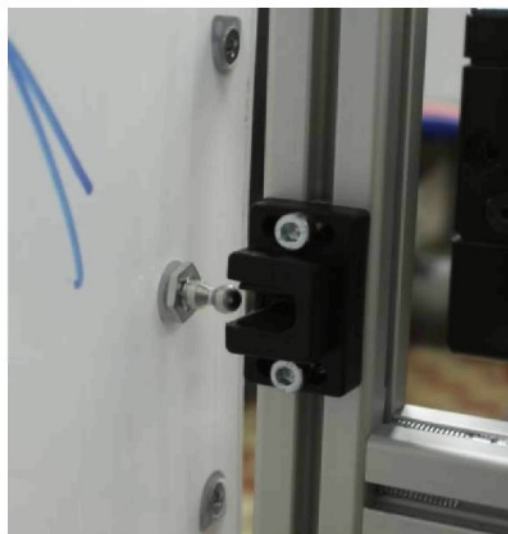


Obr. 25 Montáž automatických spojek



Obr. 26 Montáž dveřního rámu

Montáž rámu pro dvířka (obr. 26) se sestává ze tří profilů (2x 435mm, 1x 510mm). Otevřený konec rámu se po setrojení spojí se základní deskou Bed Plate. Na smontovaný rám byla položena polykarbonátová deska. Potřebné otvory byly změřeny lištovým pravítkem a posléze vyvrtány. Otvor pro kuličkovou západku je opracován závitem M8, jelikož síla pro vytažení ze západky je poměrně velká, byla přidána podložka s matkou, aby nedošlo k vytržení kuličkové západky



Obr. 27 Kuličková západka

z polykarbonátové desky. Otvory jsou rozmístěny dle dílenského výkresu A3 – KVS – VS – 318 – 04 – 01. Do příslušných otvorů byly upevněny panty, madlo a zmíněná kuličková západka (obr. 27). Kvůli ustanovení pozice polykarbonátové desky, musely se do profilu, který drží pant, vyfrézovat dva podélné otvory, aby šroub s podložkou a matkou nebyl v kolizi s profilem (obr. 27). Profil je uchycen do malého svěráku a frézou zpracován.

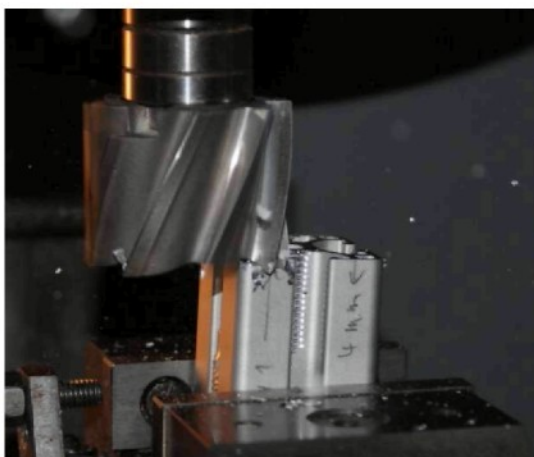


Obr. 28 Frézování profilu

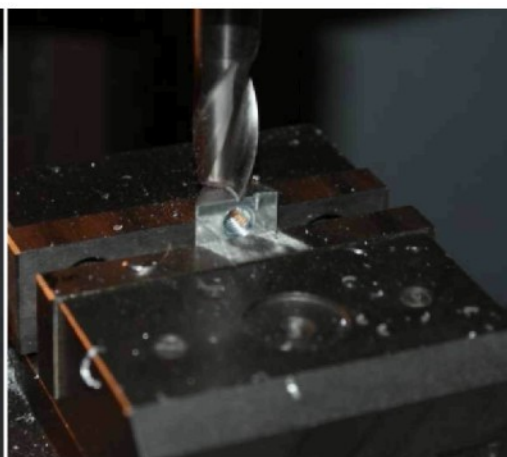


Obr. 29 Profil s pantem

Mají délku 39 mm a šířku 15,2 mm. Na levé straně musela být hloubka drážky rozšířena z důvodu kolize šroubu s profilem (obr. 28). Po ustanovení pozice polykarbonátu na rámu byly panty volným koncem připevněny k profilu, ten byl posléze připevněn na desku Bed Plate a spojen s rámem pro plechování.



Obr. 30 Frézování profilu



Obr. 31 Frézování drážkových matic

Montáž rámu pro kryt byla méně náročná, ovšem i zde bylo zapotřebí změnit rozměry, získané z programu SolidWorks. Profil o délce 45mm byl zkrácen na 41mm (obr. 30) z důvodu nepřesnosti rozměrů a uložení desky Bed Plate, dále také došlo k zjištění rozměrových nepřesností, ohledně vzájemné vzdálenosti mostových podpěr. Profil o délce 600 mm tedy musel být zkrácen o 2,4 mm na příslušnou délku. Při montáži tohoto rámu však nastávaly problémy, neboť ne vždy byl dostatek prostoru pro utažení šroubů spojující profily. Dále se musely zmenšovat velikosti drážkových matic o 6 mm (obr. 31), aby bylo možné použít obou utahovacích šroubů a zároveň

nevyčnivaly z desky Bed Plate. Po montáži tohoto rámu byly oba rámy spojeny do konečného stavu, obr. 32.



Obr. 32 Dokončený rám

5.4 Montáž plechu

Plechových dílů jsou celkem čtyři kusy. Hlavní díl se vsunul do pracovního prostoru stroje, naznačily se otvory pro uchycení k rámu a po vyjmutí plechu ze stroje byly vyvrtány. Stejným způsobem se upevnil další dva plechy sloužící ke znemožnění zapadnutí třísek do CNC stroje.

5.5 Odsávání

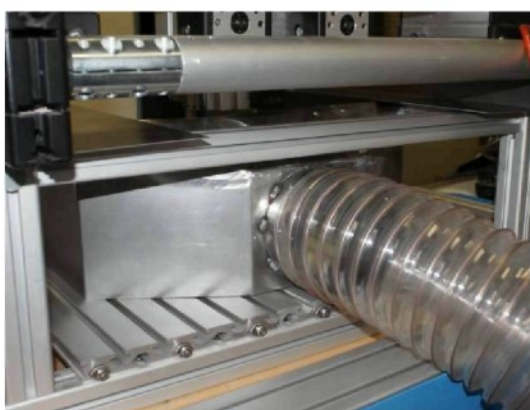
Přístroje pro odsávání se liší a jsou popsány v kapitole 4.1. a 4.2. Metoda a způsob je však v principu stejný. Odsávání lze provést dvěma různými metodami, a to vytvořením proudění vzduchu v celém pracovním prostoru, nebo odsáváním přímo u vřetena.

Předpokladem pro první metodu, tedy pro vytvoření proudění vzduchu v celém pracovním prostoru, je nutná kontrola vstupu a výstupu, což znamená, že je třeba zčásti určit trajektorii proudění. Ta by měla mít směr z přední části, čili od dvířek, k zadní části zakrytování. K narušení této trajektorie může docházet vlivem netěsnosti pohyblivých částí krytu. Tato metoda je hojně využívána firmou Vzduchotechnika Chrastava. V případě CNC stroje je tento způsob zkomplikovaný nemožností zakrytování části od vřetena ke dvířkům. Tyto problémy se budou zjišťovat pomocí pokusu, který tuto metodu buď vyloučí, nebo schválí.

Druhou metodou je umístění odsavače přímo u vřetena. Výkon odsavače musí mít dostatečný sací výkon ve vzdálenosti několika centimetrů od vstupu do potrubí. K tomuto účelu lze využít skutečnosti, že vřeteno je utěsněné a sací zařízení je možné umístit přímo kolem něj. Takto bude odzkoušeno odsávání vysavačem a odsavačem.

5.5.1 Zadní odsávání

Pro odsávání zadním způsobem, tedy v případě, kdy je sací otvor umístěn v zadní části CNC stroje (obr. 32), je oplechování pracovního prostoru přímo navrhuto (obr. 33). Ještě před propojení a zahájení testu byly odstraněny hrany krytovacích dílů u dvířek. Po propojení odsávačky a CNC stroje byl zpuštěn první test.



Obr. 33 Zadní napojení hadice



Obr. 34 Pracovní prostor s napojenou hadicí

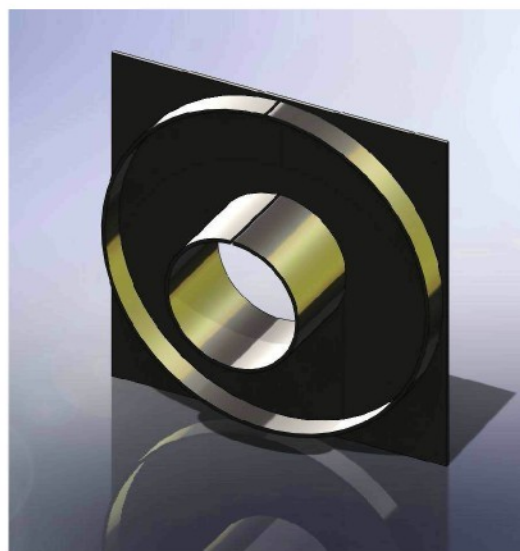
Z technických důvodů musel být proveden test statický, který se sestával z nabrání pilin nádobkou a v nejvzdálenějším místě stroje, tedy u dvířek, se z různých výšek sypal na pracovní desku Bed Plate. Volný prostor ve stropové části CNC stroje byl zakryt obyčejným kartonem, což mělo viditelný vliv na odsávání pilin a značně se tak zvýšil výkon odsávání. Při sypaní materiálu z nádobky odsavač nedokázal odsát veškerý sypaný materiál, ale zachycení pilin vzdušným proudem bylo viditelné a dostatečné. Důležitým faktorem je, že množství sypaného



Obr. 35 Zadní odsávání

materiálu v žádném případě neodpovídá množství pilin uvolňovaných během procesu obrábění, sypaného materiálu z nádoby bylo mnohem více.

Otvory, které se vytvořily mezi drážkami základní desky Bed Plate a plechem je možné ucpat například silikonem nebo molitanem. Další výhodou tohoto způsobu odsávání je možnost vyčištění pracovního prostoru a celého okolí stroje. Jednoduchým nasazením odsávací hadice do redukce nasazené na zadní odsávací otvor bude tato redukce držena automaticky vzniklým podtlakem. Návrh redukce je na obr. 36 a výkresu A3 – KVS – VS –

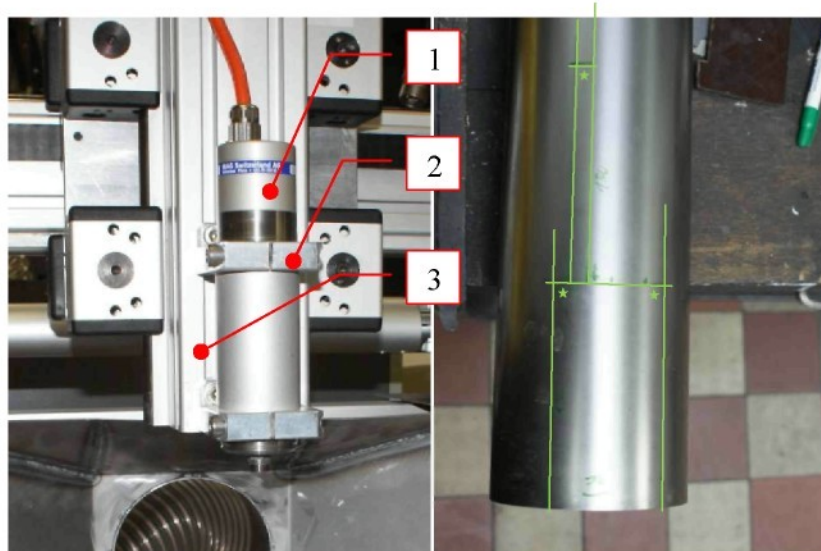


Obr. 36 Přípravek na zadní odsávání

318 – 03 – 00. Pomocí hadice se pak jednoduše vyčistí pracovní prostor a okolí stroje. Tímto způsobem se vytvoří dokonalý nástroj pro úklid CNC stroje, který plně nahrazuje vysavač.

5.5.2 Horní odsávání

Pro odsávání shora, bylo zapotřebí v dílnách KVS upravit plechovou rouru tak, aby bylo možné ji nasadit na vřeteno (obr. 37) a připevnit ji k profilu.



Obr. 37 Místo pro odsávací rouru

Obr. 38 Překreslení rozměrů

Na obr. 37 je vidět spodní část osy Z, kde je vřeteno pomocí svěrných pásek přichyceno k profilu (obr. 40). Na obr. 38 je překreslen potřebný otvor pro vřeteno a následně pomocí dostupných dílenských prostředků zhotoven. Na obr. 39 lze spatřit hotový díl připravený k nasazení na vřeteno.



Obr. 39 Výřez v rouře

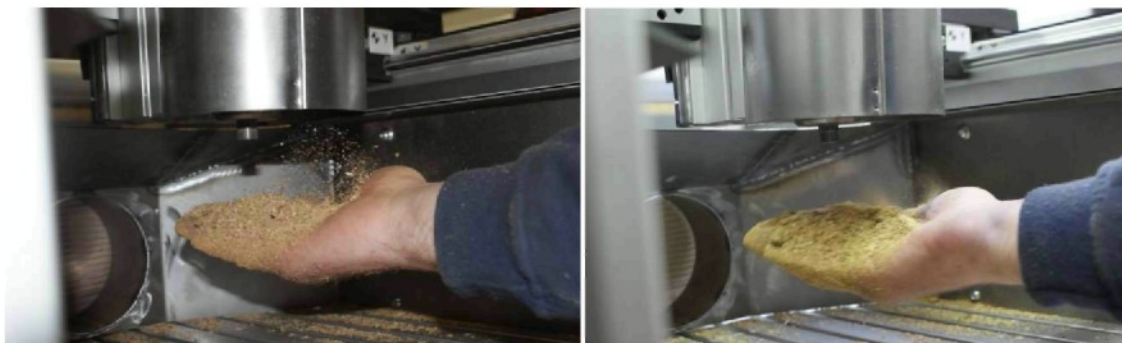


Obr. 40 Připevněná roura

Na obr. 40 je zobrazena uchycená roura k profilu osy Z. Spojení je vytvořeno stahovacím kroužkem, který byl rozříznut a na vzniklých koncích navrtán tak, aby bylo možné jej pomocí šroubu a drážkové matice přichytit do volných bočních drážek profilu. Na horní konec roury je nasazena ohebná hadice, která vede do odsávacího zařízení POC6. V tomto případě je horní prostor CNC stroje ponechán bez zakrytování.

Při tomto testu byly piliny nabrány do dlaně a pomalým pohybem od základní desky Bed Plate přibližovány k vřetenu se sacím otvorem. Při tomto pohybu byly piliny samovolně odsávány až v určité vzdálenosti, která odpovídá délce asi 5 cm od spodní hrany odsávací roury, obr. 41.

Tento způsob odsávání znemožňuje využít nasazovací hadici k očištění stroje, která je popsána v kapitole 3.3, a to z důvodu překážky samotného vřetena.



Obr. 41 Ukázka odsávání vrchem

5.5.3 Test odsávání odsavačem

Při testu odsavačem s otáčkami nástroje $30\,000\text{ min}^{-1}$, se z technických důvodů musel pohyb portálu simulovat ručně. Hloubka frézování v prvním pokusu byla 3 mm, v druhém 5 mm. Jako nástroj byla použita stopková fréza $\varnothing 6\text{ mm}$.

Samotný test se skládal z upevnění svěráku do pracovního prostoru, v němž byl upnut obráběný pěnový materiál a nastavena vzdálenost frézky od vřetena. Poté se obráběl materiál s plynulým pohybem v obou směrech (pravý a levý směr).

Při testu horním odsáváním bylo zjištěno, že odsávací výkon POC6 je dostačující, neboť docházelo k odsávání zhruba 95% vzniklých třísek. Pouze velké kusy, tedy piliny o rozměrech $2 \times 2\text{ mm}$ a větší, a malá část drobnějších třísek se odsavačem nepodařilo úplně odsát. Některé kusy zůstaly v rozích pracovního prostoru, kde ovšem nedocházelo k tak radikálnímu zanášení jako na obr. 8a. Pracovní prostor byl po ukončení testu čistý.

Na základě testu odsávání zadem bylo zjištěno, že odsávací výkon POC6 je nedostačující, protože docházelo k odsávání pouze asi 50% vzniklých třísek. Zbytek třísek se usazoval na základní desce Bed Plate. Veškeré nečistoty ale zůstaly v pracovním prostoru a nedocházelo k jejich úniku do prostoru dílen.

5.5.4 Odsávání pomocí vysavače

Vysavač GVE 370-2 je vybaven dvoumetrovou ohebnou hadicí a pevnou hadicí o délce 0,7 m, která se připevnila k profilu v ose Z. Po prvních testech se tato metoda vyloučila jako možné řešení, neboť docházelo k odsávání třísek pouze v malé míře a to jen v jednom směru v závislosti umístění odsávacího otvoru. Obrábělo-li se tedy z levé

strany na pravou, musel se sací otvor umístit z pravé strany vřetena, aby tak docházelo k zachycení třísek a při vzdálenosti větší než 20 mm byl sací efekt téměř nulový.

5.6 Zhodnocení odsávání

Metoda odsávání vysavačem byla vyhodnocena jako chybná, a to z důvodu nedostatečného výkonu vysavače. Při obrábění nebylo možné poznat, zda je vysavač zapnut nebo vypnut.

Při statickém testu se jako nejlepší způsob odsávání jevílo zadní odsávání. Piliny byly i přes značnou vzdálenost od sacího otvoru nasávány dostatečně intenzivně. Metoda odsávání vrchem byla při statických testech ohodnocena jako nedostatečná, neboť ruka s pilinami musela být v krátké vzdálenosti od odsávacího otvoru.

Test odsávání při spuštění vřetenu výrazně změnil vnímání jednotlivých metod. Odsávání vrchem svou kvalitou výrazně převyšovalo kvalitu zadního odsávání. Nevýhodou horního odsávání je nemožnost použít sací nástavec (obr. 34) pro čištění samotného CNC stroje.

Odsávání přineslo viditelné zlepšení podmínek při obrábění na univerzálním CNC stroji. Pokus obrábět při vypnutém odsávacím zařízení přinesl jen okamžité zanesení pracovního prostoru a zakrytování nezabránilo zanesení okolí stroje pilinami. Obě metody zabránily šíření pilin v místnosti. Při rozhodování, jakou metodou budou piliny odsávány, bylo za výhodnější metodu vyhodnoceno odsávání vrchem z důvodu vyšší čistoty na pracovišti během obrábění.

6. Upínání obrobků – rešerše

Při obrábění je třeba obrobek ustavit a upnout na obráběcí stroj nebo upínací zařízení v určité poloze vůči nástroji. Na stroji nebo upínacím zařízení jsou opěrné plochy, o něž se obrobek opírá. Aby se daly snadno dodržet rozměry obrobku v požadované přesnosti, musí být tyto opěrné plochy vhodně zvoleny. Velikost, směr, smysl a působíště upínací síly jsou dány řeznými silami. V případech, kdy se obrábí přerušovaným řezem, mají řezné síly charakter rázových sil. Upínací sílu ovlivňují:

- řezné síly
- součinitel tření mezi polotovarem a upínacím systémem

V současné době se při upínání obrobků soustřeďuje pozornost na rozšíření možnosti použití klasických upínacích prvků, jimiž jsou svěráky, upínky, vačky apod. Nabídka ustavovacích a upínacích elementů se stále rozšiřuje. Uživatelům jsou nabízeny jako prvky, které lze použít ve vlastní konstrukci upínacího přípravku.

Pro obrobky specifických tvarů nebo konkrétních typů obrobků jsou k dispozici speciální, v častých případech jednoúčelové upínače. Mnoho výrobců upínacího nářadí doplňuje sortiment hotových výrobků i nabídkou řešení upínání konkrétního obrobku "na míru". Slouží k tomu stavebnicové soupravy zahrnující komponenty pro vedení, ustanovení, upnutí a dalších, kterými se snaží zajistit co největší rozsah upnutí obrobku s ohledem na jejich tvarovou rozmanitost a rozměry.

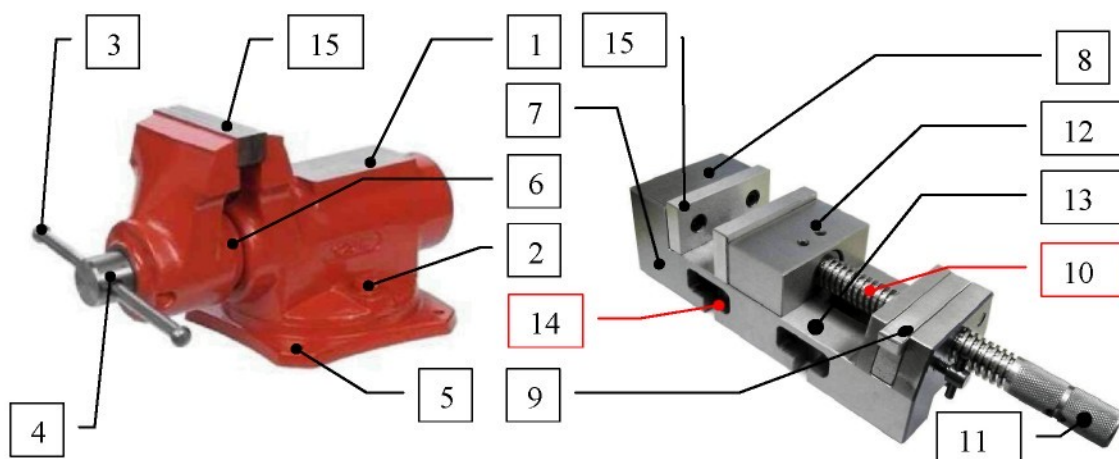
6.1 Upínání na CNC stroji

Vzhledem k tomu, že je požadováno obrábění na celé horní ploše obrobku, není možné použít upínací systémy, které svým kontaktem zasahují do horní plochy obrobku nebo dosahují k horní hraně jeho bočních stěn. Velikost upínacího systému musí být přizpůsobena tak, aby jej bylo možné umístit do nově zkonstruovaného oplechování pracovního prostoru s dvířky. Jedná se o následující možnosti upínání:

- svěráky
- pneumatické systémy
- magnetické desky, podtlakové desky

6.2 Svěráky

V mnoha případech obrábění lze upnout obrobek pouze pomocí svěráku. Ty je možné obecně rozdělit na dílenské (obr. 42) a strojní (obr. 43). Oba dva typy mohou mít k vytvoření upínací síly ruční nebo mechanizovaný pohon.



Obr. 42 Dílenský svěrák [18]

Obr. 43 Strojní svěrák [19]

Mezi dílenským a strojním svěrákem je možné nalézt několik odlišností. Dílenský svěrák má na rozdíl od strojního v zadní části malou kovadlinku 1. Výhodou tohoto typu svěráku je mimo jiné jeho možnost natáčení o určitý úhel, který se liší podle výrobce. Natočení se provádí pomocí uvolnění svěrného šroubu 2, který se po nastavení úhlu opět utáhne. K utažení svěráku je použita volně uložená tyčka 3. Ta je vložena do šroubového mechanismu 4, který se otáčí požadovaným směrem buď pro uvolnění, nebo pro utažení. Čelisti jsou vůči sobě kolmé. Vedení svěráku je lineární, nejčastěji se vyskytuje kombinace válcového vedení s rybinovým 6. Obecně platí, že cena svěráku přímo úměrně vzrůstá s jeho tuhostí a lepším vedením. Pro plné použití dílenského svěráku je třeba jej pevně připevnit k pracovní desce stolu pomocí šroubů a dřer 5. Svěrák tak slouží především jako držák pro pilování, řezání, ruční vrtání a další manuální činnosti. Jeho použití na univerzálním CNC stroji však není možné.

Strojní svěrák se využívá k práci na stroji jako je např. vrtačka nebo frézka. Je sestaven ze spodní pevné části, kterou je základna 7 s vedením, jejíž součástí tvoří opěrná stěna pro opěrnou zadní čelist 8. Na druhé straně se nachází matka, která slouží jako mechanický převodník upínací síly 9. Tímto převodníkem prochází šroub 10, na jednom z jeho konců je rukojeť 11 pro utahování a na druhém konci je spojen s pohyblivou částí čelisti 12, která se pohybuje ve vedení základny pomocí plochého

nebo rybinového vedení 13. Tento svěrák je na rozdíl od dílenského typu přenosný a upíná se pomocí šroubu a drážkové matice do desky s T drážkami 14, v tomto případě s deskou Bed Plate.

Závity bývají v obou případech trapézové. Destičky 15 jsou vyměnitelné a upevňují se dvěma šrouby na jednu destičku. Dílenské svěráky nižší kvality tyto destičky nemají. Čelisti je možné vyměnit, neboť dochází k jejich poškození při práci, v některých případech se upravují pro zvláštní účely. V tomto segmentu je ovšem široká nabídka polotovarů upínacích ploch, např. měkké čelisti pro upínání nepravidelných tvarů, čelisti ve tvaru V apod. Konstrukce čelisti předpokládá jejich opakované použití na paletách a stolech vodorovných obráběcích strojů.

Nároky na strojní/CNC svěráky jsou dány:

- malými zástavbovými rozměry
- opakovatelností upnutí $\pm 0,01\text{mm}$
- spolehlivým krytováním proti vniknutí nečistot (třísky, emulze)
- přesně broušenými upínacími plochami
- širokou nabídkou typů (vyměnitelných) čelistí
- nastavitelnou silou upnutí na stupnici hřídele

V tomto případě se strojní svěrák používá pro menší obrobky. Problém však nastal po montáži dvířek. Z důvodu umístění obrobku do pracovního prostoru došlo ke kolizi mezi svěrákem a dvířky. V případě, že by se posunul svěrák do bezkontaktní polohy, mohl by polotovar opustit některou svou částí pracovní prostor. Takový případ lze vyřešit otočením svěráku o 180° . Došlo by tak ale k problému s utahováním čelisti, protože jeřabová konstrukce CNC a samotné zakrytování stroje by překáželo utahovací klice v pohybu. Tu je tedy třeba nahradit, například menší klikou nebo klíčem, který by umožňoval vytvořit dostatečný moment pro upevnění šroubu. Další možností je pro tento účel využít pátý volný výstup z řídicí jednotky Acramatic 2100.

6.3 Narážky/opěrky

Lze říci, že převážná většina systému upínání má podobné vlastnosti jako upínání svěrákem, protože se i zde používá k upnutí svěrné síly. Nejčastější aplikací je pevná opěrná čelist (obr. 44), přičemž druhá čelist je pohyblivá.

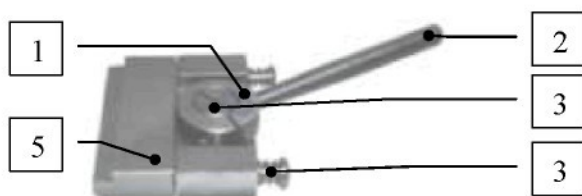


Obr. 44 Narážkové čelisti [20]

Lišty se používají jako zarážky a pokládají se dle potřeby na pracovní desku. K vyrovnaní dochází většinou samovolně upnutím. Do lišt jsou navrtány díry se zapuštěnou hlavou pro šroub. Tímto otvorem se prostrčí šroub a po nastavení lišty do požadované polohy se šroub zašroubuje do drážkové matice, čímž dojde k utažení. Lišty lze pokládat kolmo i souběžně s drážkami.

6.4 Excentrické upínáky

Excentrické upínání se skládá ze dvou částí, jimiž je narážková lišta (obr. 45) a excentrický mechanizmus (obr. 46). Jeho nevýhodou je především malý zdvih. Upnutí je samosvorné a dalo by se přirovnat ke klínu. Upínání je možné buď metodou přímou, nebo nepřímou.



Obr. 45 Excentrický upínák [21]



Obr. 46 Vačkový upínák [22]

Nejjednodušší provedení excentrického upínání je zobrazeno na obr. 45, kde se nachází kruhový kotouč 1 s rukojetí 2. Kruhový kotouč, do kterého je excentricky vyvrtán otvor, je uložen na čepu 3, jenž je pevně spojen s rámem. K němu je pomocí pružin a vedení 4 připevněna čelist 5.

Dalším podobným způsobem upínání je upínání vačkové (obr. 46). Rozdíl spočívá v tom, že otvor pro čep se nachází ve středu kruhu 6. Kruhovitý tvar je nahrazen vačkou tvořenou neokrouhlým kotoučem, jehož obvodovou křivku tvoří Archimédova nebo logaritmická spirála. I tento způsob upnutí je samosvorný, není tedy možné, aby došlo k jeho samovolnému uvolnění. Podrobný konstrukční náčrt je v příloze 4.

6.5 Pákové upínače

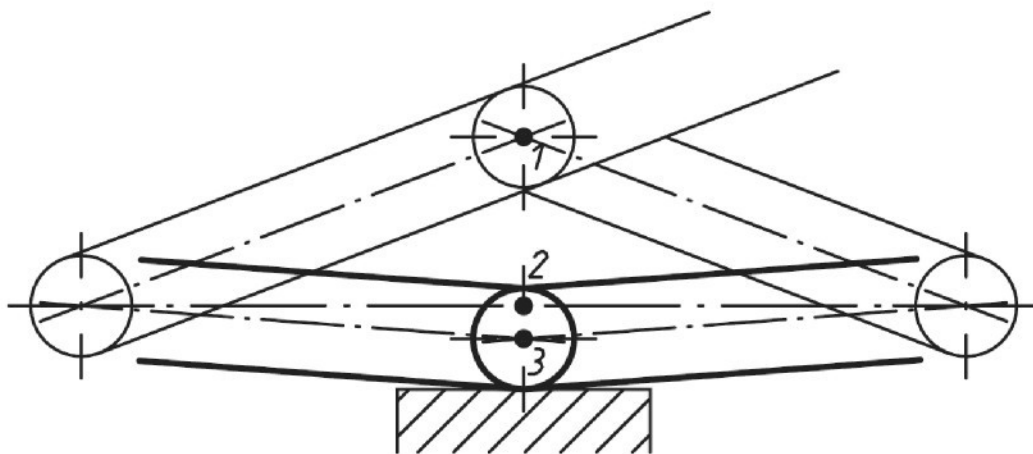
Pákové upínače se též označují pojmem rychloupínače (obr 47). Tento název si získaly právě vzhledem k rychlosti upnutí. Rychloupínače pracují na principu lomené páky, na základě čehož vznikají následující výhody:

- rychlé a široké otevření upínače
- úplné uvolnění obrobku
- bezpřekážkové odebrání obrobku
- potřeba malé vnější síly pro vyvození velké upínací síly
- samozablokování přes mrtvý bod



Obr. 47 Rychloupínák [23]

Volba správné vzdálenosti upínání je závislá na upínací síle potřebné k upnutí. Na obr. 48 je zobrazen princip lomené páky. Poloha 1 je volná poloha před upnutím. Poloha 2 naznačuje mrtvý bod, tedy stav kdy středy tří kloubů leží v jedné ose. Tím, že se tento mrtvý bod (tedy poloha 2) překročí a kloub se přesune do polohy 3, dojde ke znemožnění uvolnění upínací soustavy. Tato poloha se opírá o podložku, případně je zajištěna jiným způsobem tak, aby nedošlo k uvolnění, které by nastalo v případě pokračování pohybu.



Obr. 48 Mrtvý bod

Uplatnění nacházejí tyto upínáky především díky vhodným silovým a pohybovým vlastnostem. Díky jednoduchému ovládání je možné je nasadit v širokém spektru použití. Používají se v kovovýrobě k vrtání, svařování, ohýbání, broušení, zkouškám a

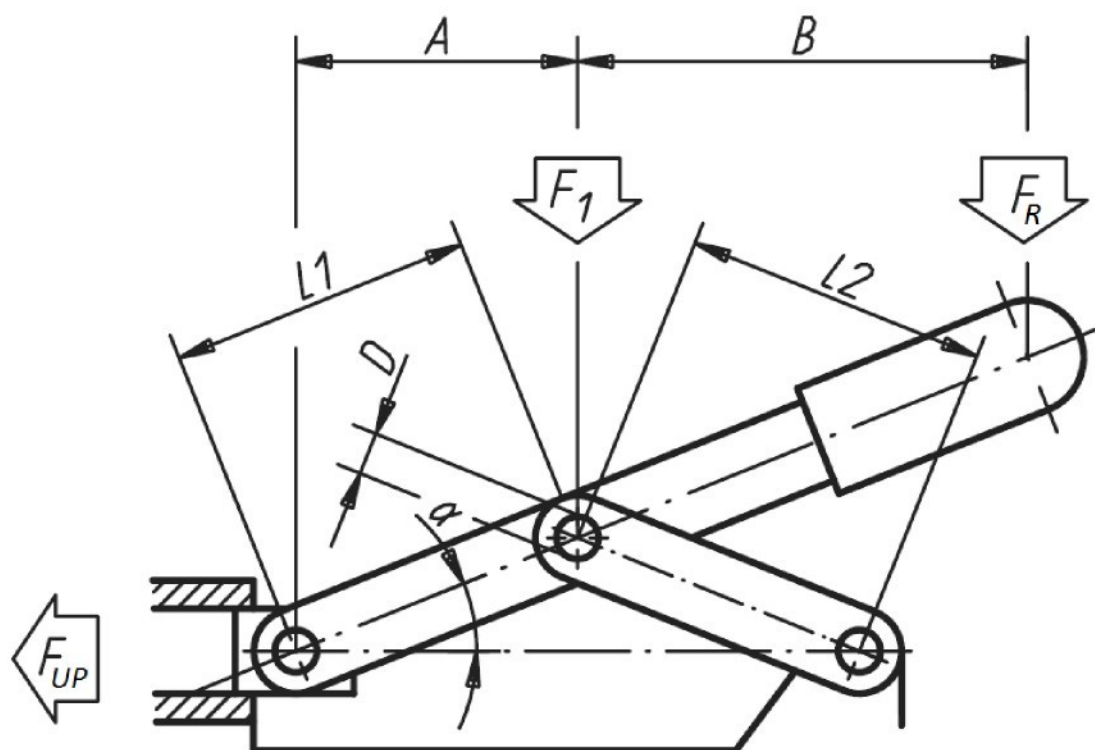
montážím. Stejně dobře se dají použít v dřevařském a plastovém průmyslu pro střihačské, lepicí, vrtací a frézovací aplikace.

6.5.1 Silové poměry rychloupínačů

U rychloupínačů jsou použity dvě základní síly, které jsou vůči sobě v určitém vztahu. Jedná se o přídržnou sílu a upínací sílu.

Upínací silou je myšlena ta, která při zavírání pákového mechanismu, tedy k překonání polohy 2 do polohy 3 na obr. 48, působí na polotovar. Na rozdíl od pneumatického upínání (popsán v kapitole 6.7.) se tato síla nedá určit, neboť je závislá na obsluze.

Přídržnou silou myslíme tu sílu, která při uzavřeném kloubovém mechanismu, tedy v poloze 3 na obr. 48, působí z obrobku na upínač a ten působením této síly snese bez trvalých deformací. Přídržná síla je vytvářena obráběcími silami a je větší než upínací síla, neboť při tomto působení sil nedojde k překonání mrtvého bodu mechanismu.



Obr. 49 Silové poměry

Popis:

A, B:	vzdálenosti	L1, L2:	délka ramen
D:	Ø čepu	α :	úhel náklonu páky (stupně)
F_R :	ruční síla	β :	třecí úhel v kloubu (stupně)
F_1 :	síla v kloubu	δ :	třecí úhel v lineárním vedení (stupně)
F_{UP} :	upínací síla		

Na obr. 49 jsou znázorněna silová působíště s vzdálenostmi a úhly. Pro určení síly F_{UP} stačí sestavit rovnici rovnováhy a po úpravě:

$$F_{UP} = \frac{F_1}{2} \left[\frac{1}{\tan(\alpha + \beta)} - \tan \delta \right], \quad (1)$$

kde síla F_1 se rovná:

$$F_1 = \frac{F_R \times (A + B)}{A} \quad (2)$$

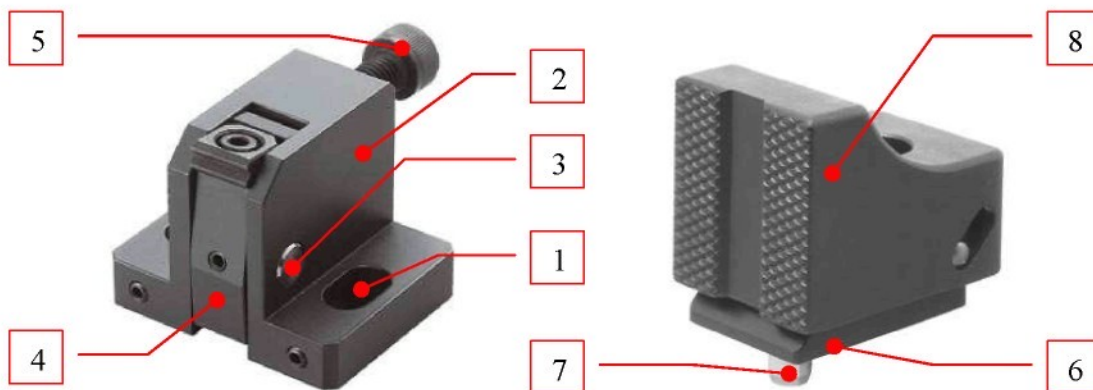
a β je:

$$\beta = \sin^{-1} \left(\frac{2D}{L_1 + L_2} \times \mu \right). \quad (3)$$

Je patrné, že rychloupínákem lze vytvořit velkou upínací sílu, kterou však nelze v plném rozsahu použít. Pro zaručení maximální životnosti je vhodné se řídit doporučenými hodnotami z katalogu jednotlivých výrobců. Sílu lze regulovat přes přitlačný šroub, který je možné šroubením nastavit v délce.

6.6 Boční upínky

Upínání lze též provést za použití bočních upínek. Ty se používají pro velká a rozměrná tělesa. I zde se nachází široká nabídka od mnoha výrobců. Všechny přípravky potřebují protizarážkový systém popsany v kapitole 6.3. Na obr. 50 a obr. 51 jsou vyobrazeny jejich jednoduché příklady. Montují se přímo na pracovní nebo drážkové stoly, v tomto případě na desku Bed Plate.



Obr. 50 Vyklonný upínač [24]

Obr. 51 Posuvný upínač [25]

Na obr. 50 je zobrazen boční upínač, který se pomocí šroubů a drážkových matic přichytí přes otvor 1 k základní desce Bed Plate. Robustní tělo 2 tvoří základ konstrukce, v jejíž dolní části se nachází otvor pro čep s čepem 3. Na něm je umístěno výklopné upínací rameno 4. Posuv tohoto ramena se ovládá šroubem 5 přístupným ze zadní části tělesa. Tento upínač lze použít souběžně s drážkami základní desky Bed Plate nebo i kolmo k drážkám. Podrobný konstrukční nákres je v příloze 4.

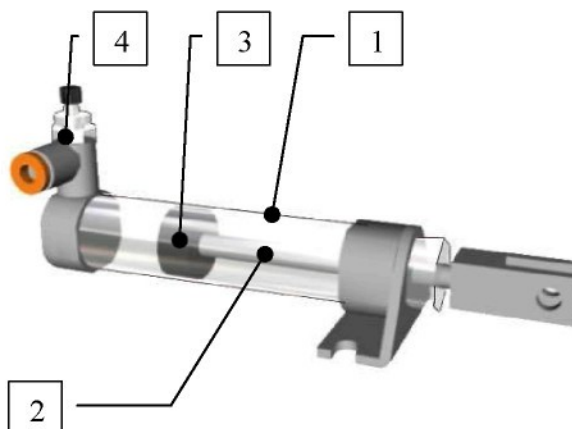
Boční upínač na obr. 51 se skládá ze dvou částí. Základová část 6 se umístí na desku a pomocí šroubu 7 a drážkové matice se k ní uchytí. Na základní těleso je posazeno upínací těleso 8, které se šroubem přitahuje k základně. Neboť má vnitřní plochy šikmé, dochází tak k posuvu v horizontálním směru a k upnutí. Tento upínací prvek lze použít jen ve směru drážek základní desky Bed Plate, a to proto, že je zapotřebí prostoru pro dva šrouby. Podrobný konstrukční nákres je v příloze 4.

6.7 Pneumatické upínání přímé

Použití tlakového vzduchu jako energie se běžně používá ve všech průmyslových i neprůmyslových odvětvích. Jeho použití je univerzální. Centrální rozvod vzduchu se stal běžným ve výrobních provozech. Velikost tlaku v rozvodu se pohybuje zpravidla do 1 MPa, nejčastěji se používá tlak o velikosti 0,6 MPa. Mezi nevýhody použití tlakového vzduchu jako energie patří potřeba úpravy vzduchu, jako je například odvlhčení a filtrace nečistot. Výhodou je naopak absence zpětného vedení.

Tento typ upnutí je pružný, velmi rychlý a upínací síla je díky tlaku vzduchu stálá. Obsluha není fyzicky náročná a lze velmi jednoduše zamezit deformaci obrobku při upínání. Ovládání nohou umožňuje obsluze mít obě ruce volné, čímž se při dodržování bezpečnostních předpisů snižuje riziko úrazu.

Pneumatický válec, který je vyobrazen na obr. 52, je velice zjednodušen. Jedná se o jednočinný válec, což znamená, že se píst do výchozí polohy vrací vnější silou. Skládá se z válce 1, který je na jednom konci zaslepen a druhým koncem prochází pístnice 2. Konec pístnice uvnitř válce 3 slouží jako



Obr. 52 Jednočinný pneumatický válec [26]

tlačná stěna a zároveň těsnění, aby vzduch z první komory nepronikl do komory druhé. Na zaslepeném konci válce je také umístěn ventil 4 pro připojení tlakového vzduchu, v tomto případě s regulací tlaku.

Pro teoretický výpočet síly F stačí znát tlak vzduchu a plochu pístu, na kterou tlak působí. Poté platí jednoduchá rovnice:

$$F = \frac{p}{s} \text{ [N]}, \quad (4)$$

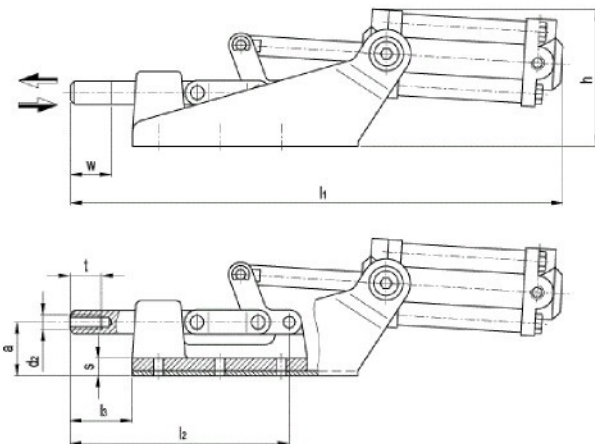
kde F [N] je síla, S [m²] plocha a p [Pa] tlak.

6.8 Pneumatické upínání nepřímé

Toto pneumatické upínání umí podle modelové řady a o tlaku 6 bar (0,6 MPa) vyvinout upínací sílu 1200 až 25000 N. Tyto upínací prvky mohou pracovat i při nižším tlaku, v produktovém katalogu se udává hodnota o velikosti 4 bar (0,4 MPa), kde se upínací síly pohybují v rozmezí 500 až 6000 N. Tyto upínací síly platí pro mechanismus na obr. 6.



Obr. 53 GN 890 od Elsa+Ganter [27]

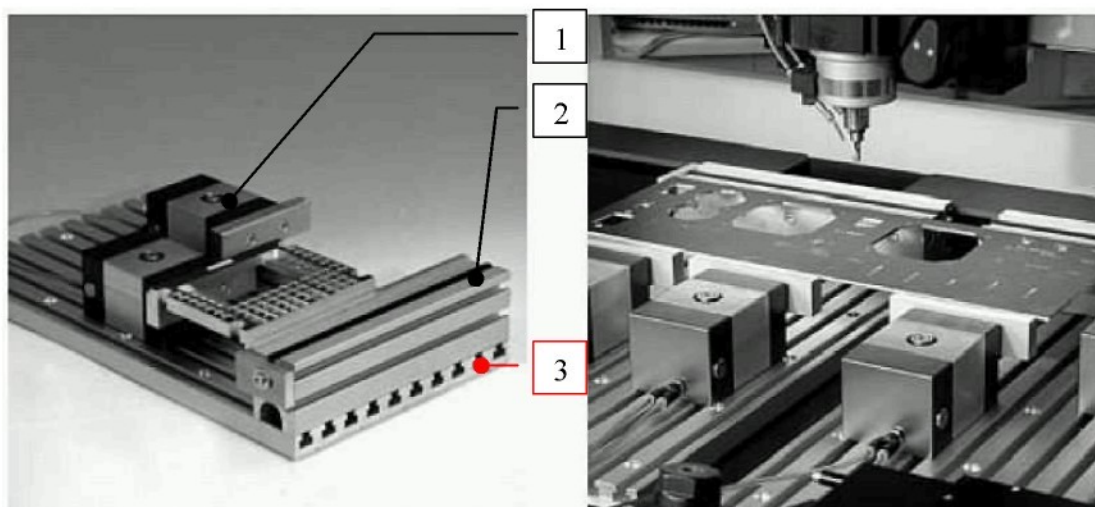


Obr. 54 Schéma GN 890 [27]

Rám 1 se pomocí až šesti šroubů uchyťí k podstavě a tlakový vzduch se připojuje přímo do pístu 3. Do vnitřního závitu 3 se našroubuje příslušná čelist a po zapojení do tlakového okruhu dojde při zatlačeném pístu k upnutí obrobku. Kloubový mechanismus 4 pracuje s polohou absolutní nuly 5. Důležitá výšková kóta a (obr. 54) je závislá na modelu a pohybuje se v rozmezí od 14 mm do 38,5 mm. Nevýhodou těchto upínačů je jejich malý zdvih a při změně velikosti obrobku je potřeba přemístit samotný upínací prvek.

6.9 Upínací písty

Upínací písty jsou pneumatické upínací válce, které lze pomocí jednoduchých úkonů připevnit k pracovní desce s T-drážkami, podobné základní desce Bed Plate (obr. 54). Lze tak učinit pomocí příruby či přípravku připevněnému přímo k válci šroubovým spojem nebo patkami, které jsou umístěny přímo na válci. Válce bývají dvojčinné, tedy jeho zasunutí není způsobeno externí silou, ale do příslušné komory se vpustí stlačený vzduch. Rychlost vyjetí pístu je možno regulovat pomocí ventilů. Obvykle se tak reguluje rychlost proudění vytlačovaného vzduchu. Jedná se o vzduch, který je vytlačován pístem.



Obr. 55 Pneumatické přímé upínání [28]

Na obr. 55 jsou vidět pneumatické písty k upnutí 1 a zarážka 2, jež jsou přichyceny k základní desce 3. Drážky jsou ve směru pohybu pístu a je jím tedy možné v tomto směru pohybovat. To je zapotřebí, neboť pracovní zdvih pístu je jen několik málo milimetrů dlouhý. U pístu s účinnou silou upínání okolo 800 N se délka upínacího zdvihu pohybuje okolo 20 mm. U největších pístů a také těch s největší upínací silou (cca. 1300 N) se velikost upínacího zdvihu pohybuje max. do 50 mm. Síla je závislá na tlaku, hodnoty jsou uvedeny pro tlak $p = 6 \text{ bar}$ (0,6 MPa).

Nevýhodou těchto pístů je, že pístnice nesnesou velkou mimoosovou zátěž. To znamená, že upínat je třeba na vystředěný obrobek, a přesahují-li boky upínací čelist, je vhodné použít druhý upínací píst. Samozřejmě obrobek musí mít takové rozměry, aby přesahoval minimálně středy obou pístů a nedošlo tak k vytvoření ohybového momentu po upnutí.

6.10 Vakuové upínání

Tento druh upínání byl vyvinut kvůli možným stopám poškození obrobku. Jsou jimi například malé lokální deformace nebo stopy v místě upnutí (otlačení). Právě pro velkoplošné a nemagnetické obrobky byly vyvinuty vakuové upínače, kde je obrobek zafixován šetrně a současně po celé dosedací ploše. Výrobci těchto systémů udávají, že se eliminuje riziko vibrací, které nastává především u velkých výrobků. Při upínání vakuem se upínací síly nevyvozují mechanicky, ale pomocí okolní atmosféry, která tlačí na obrobek. Tímto způsobem se obrobky zafixují přes celou dosedací plochu šetrně a rovnoměrně.

V tomto oboru má vedoucí postavení firma TRIAG [29], jejíž řešení upnutí mivaCLAM musí obsahovat:

- vakuovou desku
- těsnicí šňůru ze silikonu
- rotační vakuovou pumpu

6.10.1 Vakuová deska a příslušenství

Vakuové desky (obr. 56) jsou vyrobeny z hliníku a mají pro dlouhou životnost povrchovou úpravu. Na každém boku se nacházejí propojovací otvory, jejichž pomocí je možné desky libovolně spojovat a rozšiřovat tak upínací plochu. Z horní části jsou v desce navrtány otvory a v nich jsou zapuštěny patentované ventily. V případě potřeby je možné z horní strany vakuové desky dovrátat otvory a ty obsadit ventily. Železné desky ze spodní strany vakuové desky slouží k upevnění k magnetickému stolu. Deska se může upnout také sama pomocí vlastních ventilů na spodní straně. Na tyto desky lze doplňovat boční dorazy, které mohou podle potřeby také vytvářet vakuum.



Obr. 56 Deska mivaCLAM s bočnicí [29]

Těsnicí šňůra ze silikonu je rezistentní vůči olejům, kyselinám, emulzím atd. Vydrží teplotu do 200°C a dodává se ve třech průměrech, a to 6, 4 a 3 mm o délce 25 m.

Nevýhodou tohoto systému je potřeba externího zdroje a nemožnost použití stlačeného vzduchu přítomného téměř v každé provozovně. Podle velikosti a množství desek se určují hodnoty vakuové pumpy. Vakuové pumpy mohou mít jednofázové nebo třífázové napájení. Jejich sací výkon je 6 až 7,2 m³/h

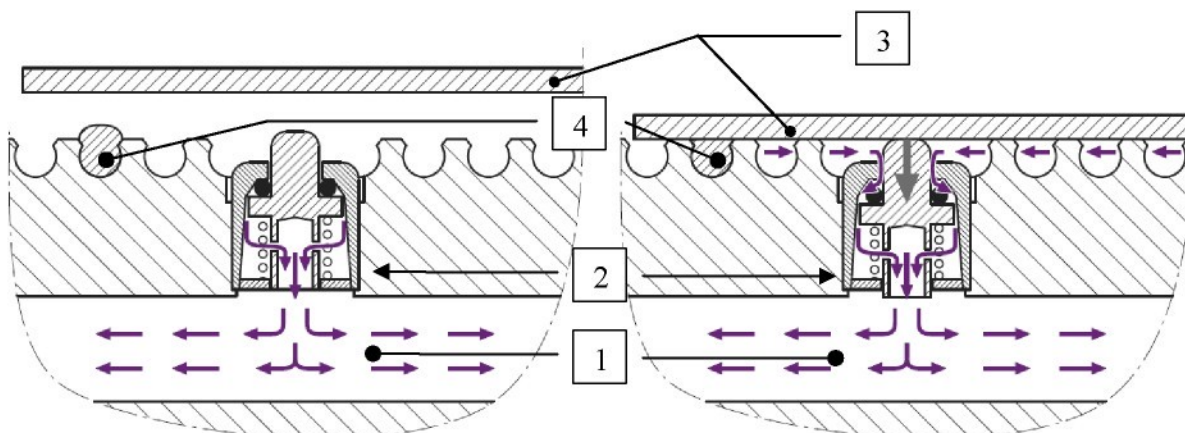
6.10.2 Použití

Upnutí obrobku lze provést během několika minut. Na desku mivaCLAM se nasadí silikonová šňůra (obr. 57) přibližně do tvaru obrobku, přičemž vně šňůry musí být alespoň jeden ventil pro vytvoření vakua. Poté se obrobek přitlačí k desce, čímž se upne.



Obr. 57 Práce s mivaCLAM [29]

Na obr. 58 je zobrazeno podtlakové vedení 1, ve kterém je stálý podtlak a ventil 2 je uzavřen. Po přiložení desky 3 se silikonová šňůra 4 přizpůsobí desce, ventil 2 se zatlačí, otevře a dojde tak k vysávání vzduchu.



Obr. 58 Princip funkce mivaCLAM [29]

Existuje mnoho dalších systémů, které využívá vakuum k upnutí předmětů. Od nejjednodušších, kterými jsou jednoduché otvory v desce a jejich účinnost se pohybuje okolo 10%, dále přes drážkové s $\eta=25\%$, rastrové s $\eta=50\%$ až po uvedený příklad s účinností $\eta=90\%$, jak uvádí jejich výrobce.

6.10.3 Síla upínání vakuem

Při normálním atmosférickém tlaku $p_n=101,3$ kPa (norma; závisí na výšce od mořské hladiny) dokáže rotační vakuová pumpa vytvořit tlak 85 kPa, tedy podtlak, což

odpovídá plošné síle $8,5 \text{ N/cm}^2$. Tato hodnota tlaku (85 kPa) se určí jako teoretických 100%. Maximální plocha k obrábění činí zhruba $290 \text{ mm} \times 270 \text{ mm}$. Plocha S je tedy:

$$S = 230 \times 230 = 5,29 \times 10^4 \text{ mm}^2 \quad (5)$$

vynásobeno silou $8,5 \text{ N/cm}^2$,

$$529 \times 8,5 = 4496,5 \text{ N}, \quad (6)$$

což je teoretická plošná síla upnutí $4496,5 \text{ N}$. Tato teoretická hodnota je pravdivá, jestliže je pod obrobkem prázdný prostor. To však není možné, protože se obrobek musí podpírat z důvodu případného prohnutí. Z toho vyplývá, že síla se musí vynásobit účinností. Celkově to znamená, že čím větší je dutina pod obrobkem a podpírací plošky jsou menší, tím více roste účinnost upínacího systému a tedy i upínací síla se blíží k maximální možné hodnotě.

6.11 Metoda zmražením

Při upínání pomocí zamrznutí se polotovary přimrazí podobným způsobem, jako se přilepi ruka k zamrzlému zábradlí. Tento druh pnutí lze vytvořit termo-elektricky a uskutečňuje se pomocí polovodičů (Peltierův efekt). Druhý způsob se uskutečňuje pomocí chladicího média a má větší účinnost.

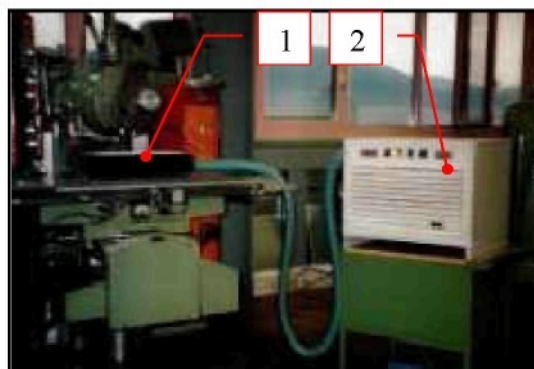
U zmíněné metody se využívá odpařovací teplo chladicího média a plyn neškodný k životnímu prostředí, který koluje v uzavřeném cirkulačním okruhu, podobnému ledničce. Plyn se prožene labyrintem kanálků v pracovní desce, kterou zchladí na pracovní teplotu cca -8°C . Pracovní stůl i obrobek se vodním rozprašovačem potáhnou na požadovaném místě jemným vodním filmem. Takto upravené součástky zamrznou v časovém rozmezí patnácti až šedesáti vteřin. Pro uvolnění systému se tento proces otočí a přístroj pak v podstatě pracuje na principu teplotního čerpadla, na základě čehož tak dojde k velice rychlému dosažení bodu tání a uvolnění obrobku.

Tato metoda není vhodná v případě, když při obrábění vzniká příliš velké množství tepla, které se odvádí do obrobku. Upínací systém totiž neudrží pracovní teplotu -8°C pro upnutí a dojde tak k rozmrznutí a uvolnění obrobku. Tento problém se řeší dobře ostřenými nástroji, které riziko odvodu tepla do obrobku zmenšují. Dále je nevhodné, pokud na tento systém působí silné rázy.

Tloušťka ledového filmu je zanedbatelná a nerovnosti povrchu se ve vodní lázni zmražením vyrovnají. Upínat lze všechny kovy, minerální materiály a také mnoho druhů plastů.

K funkčnosti jsou zapotřebí dvě navzájem propojené součásti (obr. 59). Pracovní deska z mědi, sloužící jako tepelný výměník 1, který je propojený s řídicí jednotkou 2 a obsahuje:

- elektrické napájení 220/400 V
- řízení a regulaci chladicí a ohřívací teploty
- pojistku pro elektro-mechanické díly proti elektrickému rušení
- světelné kontrolky na kontrolu během práce
- kontrolu teploty při práci



Obr. 59 Upnutí zmražením od firmy TRIAG [30]

6.11.1 Síla upínání zmražením

Síla adheze tohoto druhu je 2 N/mm^2 (200 N/cm^2), což je několikanásobně více než při vakuovém způsobu upnutí. Má-li pracovní plocha zhruba $230 \text{ mm} \times 230 \text{ mm}$ tedy

$$S = 230 \times 230 = 5,29 \times 10^4 \text{ mm}^2 \quad (4)$$

vynásobeno silou 2 N/mm^2 ,

$$5,29 \times 10^4 \times 2 = 105800 \text{ N}, \quad (5)$$

je plošná síla upnutí 105 kN . Tato hodnota je zhruba 20x větší než u vakuového upnutí. Ovšem tolerance tvrdých mechanických rázů je menší.

6.12 Shrnutí upínacích možností

Upínací přípravky pro univerzální CNC stroj se rozdělují do dvou kategorií: upínače, kterým k činnosti stačí obsluha stroje nebo takové upínače, které potřebují ke své činnosti externí energii.

Do kategorie upínačů bez externího zdroje patří zmíněné svěráky, kde dílenský svěrák z hlediska aplikace nelze použít. Strojní svěráky jsou výhodným řešením pro malé obrobky, problém s upínáním lze řešit modelem SV – 150 od firmy UNI-MAX [28] (obr. 60). Tento model má nízkou základní stavbu a zadní klička je pohyblivá natolik, aby nekolidovala s konstrukčními prvky CNC stroje.



Obr. 60 SV – 150 [31]



Obr. 61 04575 [24]

Dále sem patří excentrické upínáky (s ex-centrickým uložením a vačkové), rychloupínáky a boční upínáky. Z hlediska použitelnosti na CNC stroji se dají vyloučit upínáky pracující na principu excentricity, neboť mají malý zdvih a malou opěrnou plošku a na umělém dřevě by zanechaly trvalé deformace. Z bočních upínek je řešením například model 04575 Niederzugspannerod firmy NORELM [24] na obr. 61. Podrobný konstrukční náčrtek je

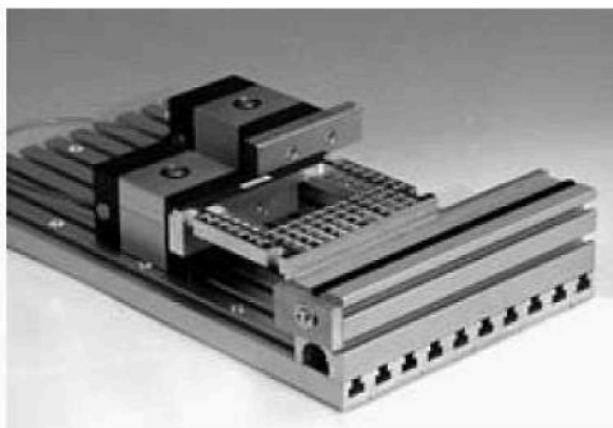
v příloze 4.

Poslední skupinou jsou rychloupínáky. Jejich funkčnost a způsob funkce jsou velice vhodné pro použití na CNC stroji. Jsou lehce montovatelné a dokážou vytvořit velkou upínací sílu. Mají stoprocentní zajištění proti uvolnění tím způsobem, že dříve dojde k jejich deformaci než k uvolnění obrobku. Nejsou však vhodné pro obrobky malých rozměrů. Řešením by mohl být například model 6015-MSS (obr. 62) od firmy DE-STA-CO [32].

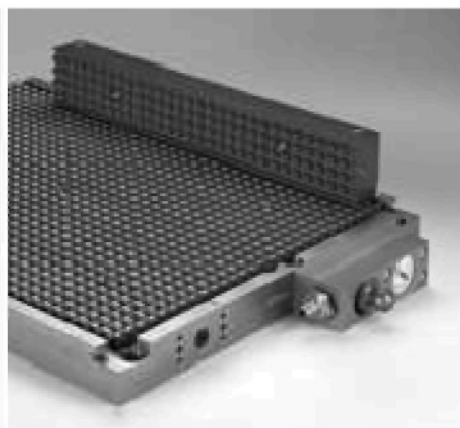


Obr. 62 6015-MSS [32]

Kategorií upínačů s přídavným externím zdrojem jsou míněny systémy pracující s přetlakem nebo s podtlakem. Dále pak s jinými médii jako je například voda. Pneumatickými upínáními přes mechanismus jsou v podstatě rychloupínáky s přidaným pneumotorem. Toto řešení je zbytečné, protože jej zcela nahrazuje samotný rychloupínač na ruční ovládání. Samotný pneumotor lze úspěšně aplikovat na CNC stroj jak pro malé, tak velké obrobky. Například firma NRG [28] (obr. 63) nabízí hotová řešení.



Obr. 63 NRG PNEU 120 [28]



Obr. 64 mivaCLAM [29]

Podtlaková řešení neboli upínání vakuem je dalším komplexním řešením. Nahrazení desky Bed Plate vakuovou deskou mivaClam (obr. 64) od firmy TRIAG, je nejsnazším řešením a lze tak upínat veškeré velikosti obrobků, které jsou upnuty za svou podstavu a je možné je opracovat v celém objemu, kromě několika milimetrů ode dna. Upínání pomocí zmrazení je příliš nákladné a pro potřeby CNC stroje nevhodné kvůli výraznému snížení Z-tové osy obrábění, vzhledem k tomu že, základní těleso pro tento systém je příliš objemné.

7. Zhodnocení

Na základě této diplomové práce byl vyřešen konstrukční úkol na zakrytování pracovního prostoru prototypu víceúčelového CNC stroje, sestaveného na KVS Technické univerzity v Liberci, dále návrh na průběžné odsávání třísek z pracovního prostoru stroje, které se zde hromadily a zanášely jak pracovní prostor, tak okolí stroje. Dalším bodem této práce byly možnosti a způsoby upínání obrobků na zmíněném CNC stroji. Na základě konstrukčního řešení těchto návrhů byla v prostorách dílen KVS

úspěšně provedena jejich praktická aplikace, čímž se podařilo splnit požadavky, které byly uvedeny v zadání této diplomové práce.

Diplomová práce je rozdělena do dvou hlavních okruhů. První z nich je zaměřen na zakrytování pracovního prostoru stroje, který vzhledem k tomu, že se stroj nachází ve fázi vývoje, nebyl dosud kompletně řešen. Při obrábění se třísky nekontrolovatelně šířily v celém pracovním prostoru a v jeho okolí. V kapitole 5.1 je navrhnut systém oplechování, které bylo vyřešeno tak, aby odpovídalo pohybu vřetena stroje ve všech třech osách, poté byla navržena konstrukce rámu s ohledem na dobrou přístupnost a manipulovatelnost v pracovním prostoru. Při praktické aplikaci byla účelově zakrytována poze část stroje, aby bylo možné s jeho pomocí i nadále provádět praktickou výuku. V rámci oplechování stroje byly v kapitole 5.5 popsány a vyhodnoceny různé způsoby odsávání třísek během obrábění. Testem bylo prokázáno, že nejlepší metodou je odsávání vrchem. Praktická aplikace popsaná v této diplomové práci prokázala funkčnost návrhů jak na zakrytování pracovního prostoru, tak na systém odsávání třísek.

V druhé části diplomové práce věnuje kapitola 6 pozornost systému upínání obrobku na víceúčelovém CNC stroji. Byly shrnuty upínací možnosti a zároveň byly navrženy nejvhodnější způsoby upínání. Jako vhodný způsob upínání byl vyhodnocen vakuový systém do firmy TRIAC, kterým lze upínat obrobky jak malých, tak velkých rozměrů. Další upínací řešení je kombinace rychloupínáků, které jsou vhodné především pro upínání velkých obrobků, spolu se svěráky, které se naopak hodí pro upnutí malých obrobků. Ostatní popsané druhy upínání nemají dostatečné vlastnosti k tomu, aby vyhovovaly pro použití na víceúčelovém CNC stroji.

Navázat na tuto DP lze na téma aplikace upínacích systémů a jejich vzájemné porovnání formou testů. Lze také zjistit, zda je možné vylepšit účinnost zadního odsávání zakrytováním stropního prostoru a porovnat finanční nákladnost jednotlivých kroků vedoucích k tomuto zlepšení. Pomocí měření lze vyvrátit nebo prokázat, zda konstrukční úprava, provedená v pracovním prostoru CNC stroje dopomohla ke zlepšení tolerancí během obrábění. Další případnou tematikou by mohlo být univerzální použití jednoho odsávacího zařízení, pro více strojů pomocí jednoduchého rychloupínacího systému.

Použitá literatura

- [1] ITEM Industrietechnik und Maschinenbau GmbH, Německo, 6.10.2009, http://www.item.info/de/produkte/mb_systembaukasten.html
- [2] MB-Systembaukasten 7. Katalog prfků ITEM, ITEM Industrietechnik und Maschinenbau GmbH, 6.10.2009
- [3] YASKAWA, Japonsko, www.yaskawa.com
- [4] IBAG, Švýcarsko, www.ibag.ch
- [5] SIEMENS, Německo, <http://w1.siemens.com/answers/cz/>
- [6] Návrh a konstrukce prototypu víceúčelového CNC stroje, Disertační práce, 30.10.2009
- [7] NECUMER-PRODUCT GmbH, 2.11.2009, <http://www.necumer.de/index.php?link=produkte&produkt=6>
- [8] Philips, Německo, <http://www.consumer.philips.com/c/vysavace/33257/cat/cz/>
- [9] BOSCH, USA, <http://www.bosch.com/content/language2/html/index.htm>
- [10] Elektrolux, Švédsko, <http://www.electrolux.cz/node35.aspx>
- [11] Numatic, Velká Británie, 4.11.2009, <http://www.numatic.de/products4.asp?id=28>
- [12] HYLÁ, Slovinsko, 2.11.2009, <http://www.hyla.cz/vysavac.htm>
- [13] DYSON, Velké Británie 2.11.2009, <http://www.cz.dyson.com/tech/dysoncyclone/default.asp?sinavtype=menu>
- [14] ADAMIK, Česká republika, 10.11.2009, <http://www.adamikcompany.com/cs/odsavace/odsavace-trisek-a-pilin/ft-100-sf/>
- [15] Vzduchotechnika Chrástava, Tovární ulice 548, Česká republika, 10.11.2009, propagační materiál
- [16] Hennlich Industrietechnik, Německo, 11.11.2009, <http://www.hennlich.cz/obrazky.php?id=9408>
- [17] Haberkorn Ulmer s.r.o., Česká republika, 20.11.2009, <http://www.haberkorn.cz/>
- [18] York spol.s r.o., Česká republika, 12.12.2009 http://new.york.cz/gfx/prod/full/301/190509York_125_Standard.jpg
- [19] GRAVOS, Česka republika, 12.12.2009 http://www.gravos.cz/sverak_big.jpg

- [20] Techno-Isel Linear Motion Components, USA, 13.12.2009,
http://www.techno-isel.com/lmc/products/Ext_Accessories/ClampBars.htm
- [21] Techno-Isel Linear Motion Components, USA, 13.12.2009,
http://www.techno-isel.com/lmc/products/Ext_Accessories/CAMLockClamp.htm
- [22] Norelem Normelemente KG, Německo, 15.12.2009,
<http://www.norelem.de/cms/wm?catId=1696&CmiProdId=06d3899c9a5b8562fc32b28f62b3860d&showTables=true&nextFamily=false>
- [23] Norelem Normelemente KG, Německo, 15.12.2009,
<http://www.norelem.de/cms/wm?catId=1696&CmiProdId=d0204a310486758b86c2c0b54aa19f27&showTables=true&nextFamily=false>
- [24] Norelem Normelemente KG, Německo, 15.12.2009,
<http://www.norelem.de/cms/wm?catId=1696&CmiProdId=be2070b05f44e3e4862a1d49acd46d1d&showTables=true&nextFamily=false>
- [25] Norelem Normelemente KG, Německo, 15.12.2009,
<http://www.norelem.de/cms/wm?catId=1696&CmiProdId=3d306b654cc134bec8d0bdfc9d543542&showTables=true&nextFamily=false>
- [26] Gears Educational Systems, LLC, USA, 15.12.2009.
http://www.gearseds.com/curriculum/images/figures/pneumatic_cylinder_transparent_transparent.jpg
- [27] ELES+GANter, Rakousko, 16.12.2009, http://www.elesa-ganter.com/scheda_cs_32_8166_20_2.aspx
- [28] NRG recording GmbH, Německo, 16.12.2009
<http://www.nrgrecording.de/temporary/schraubstock.jpg>
- [29] TRIAG Präzisionswerkzeuge, Švýcarsko, 18.12.2009,
<http://www.triag.ch/pdf/mivacclamp.pdf>
- [30] TRIAG Präzisionswerkzeuge, Švýcarsko, 18.12.2009,
<http://www.triag.ch/pdf/trigeld.pdf>
- [31] UNI-MAX, KH Trading s.r.o., Česká republika, 20.12.2009, <http://www.uni-max.cz/sverak-sv-150/d/>
- [32] DE - STA - CO, Německo, 20.12.2009,
<http://www.destaco.com/gr/privacy.asp?loc=GR&lang=GR>

Příloha

Příloha I: Výkresová dokumentace

Příloha II: Objednávka profilů

Příloha III: Funkčnost bočních upínů

Příloha I

Výkresová dokumentace:

Zakrytování	A2 – KVS – VS – 318 – 00 – 00
Odsávací plech	A2 – KVS – VS – 318 – 02 – 00
Odsávání	A2 – KVS – VS – 318 – 02 – 01
Roura 125	A3 – KVS – VS – 318 – 02 – 02
Plechový roh	A3 – KVS – VS – 318 – 02 – 03
Násadavysavače	A3 – KVS – VS – 318 – 03 – 00
Plech	A3 – KVS – VS – 318 – 03 – 01
Roura 122	A3 – KVS – VS – 318 – 03 – 02
Roura 50	A3 – KVS – VS – 318 – 03 – 03
Polykarbonátová dvířka	A3 – KVS – VS – 318 – 04 – 01
Kryt	A3 – KVS – VS – 318 – 04 – 02

Příloha II

Objednávka Haberkorn Ulmer:

Haberkorn Ulmer s.r.o.
Generála Vlachého 305, 74762 Mokré Lazce
IČO: 61947024, DIČ: CZ61947024, ČSOB Opava CZK: 101910708/0300
Telefon: +420 553 757 111, fax: +420 553 757 101
Http: www.haberkorn.cz, e-mail: info@haberkorn.cz

**HABERKORN
ULMER**

Technická univerzita v Liberci
Studentská 2
461 17 Liberec I
Česká republika

Datum vystavení dokladu 27.11.2009
Středisko: 100
Sklad:
IČO: 46747885
DIČ: CZ46747885
Číslo zákazníka: 00261
Zákazník: Peter Procházka
Telefon: +420 777 247 278
Fax:
E-mail:
Ext. číslo:

Nabídka: INMP-519/2009

Strana číslo: 1

Vážený pane, děkujeme Vám za Vaši poptávku a níže Vám nabízíme:

Předmět zdanitelného plnění		Množství / j.	Cena za jedn. v CZK bez DPH	Cena celkem bez DPH	Sazba DPH
Nabídka dle Vaší poptávky ze dne 26.11.2009					
K rukám: p. Procházka					
Z12684 0.0.026.34	Profil 8 80x40 L	0,7 m	521,00	364,70	19%
Z13008 B	Profil 8 80x40 L Řez-B	1 ks	42,00	42,00	19%
Z12703 0.0.026.18	Drážková matice 8 St M8 (pozink)	6 ks	8,40	50,40	19%
Z27143 0.0.373.82	Nutenstein 8 St M8 Pant St Scharnier St	2 ks	93,60	187,20	19%
Z27375 0.0.391.35	Madlo PA 120 černá Handgriff PA 120	1 ks	61,00	61,00	19%
Z27258 0.0.388.20	Kugelschnäpper 8 PA	1 ks	103,70	103,70	19%
Z27638 0.0.419.43	Drážková matice 6 St M5 Nutenstein 6 St M5	10 ks	11,40	114,00	19%
Z27870 0.0.439.85	Univerzální držák 6 ZN Multiblock 6 Zn	4 ks	80,70	322,80	19%
Z12820 0.0.196.70 - ISO7380	Šroub s půlkulatou hlavou M6x20 poz Halbrundschrabe M6x20	4 ks	5,30	21,20	19%
Z27637 0.0.419.40	Drážková matice 6 St M6 Nutenstein 6 St M6	4 ks	11,40	45,60	19%
Z26572 0.0.417.28 - ISO7380	Šroub s půlkulatou hlavou M6x14 poz Halbrundschrabe M6x14	4 ks	4,30	17,20	19%
Z27767 0.0.419.79	Kladka 6 Rolle 6	4 ks	87,80	351,20	19%
Z12821 0.0.196.71 - ISO7380	Šroub s půlkulatou hlavou M6x25 poz Halbrundschrabe M6x25	4 ks	5,60	22,40	19%
2 ks x 45 mm					
Z27626 0.0.419.06	Profil 6 30x30 L	0,09 m	241,00	21,69	19%
Z13008	Profil 6 30x30 L Řez-B	2 ks	42,00	84,00	19%

Tento doklad má pokračování na stránce č. 2

Dodavatel: Haberkorn Ulmer s.r.o.
Odběratel: Technická univerzita v Li

**HABERKORN
ULMER**

Nabídka: INMP-519/2009

Strana číslo: 2

Předmět zdanitelného plnění		Množství / j.	Cena za jedn. v CZK bez DPH	Cena celkem bez DPH	Sazba DPH
B					
2 ks x 440 mm					
Z27626	Profil 6 30x30 L	0,88 m	241,00	212,08	19%
0.0.419.06	Profil 6 30x30 L				0,818 kg
Z13008	Řez-B	2 ks	42,00	84,00	19%
B					
Z27626	Profil 6 30x30 L	0,51 m	241,00	122,91	19%
0.0.419.06	Profil 6 30x30 L				0,474 kg
Z13008	Řez-B	1 ks	42,00	42,00	19%
B					
2 ks x 435 mm					
Z27626	Profil 6 30x30 L	0,87 m	241,00	209,67	19%
0.0.419.06	Profil 6 30x30 L				0,809 kg
Z13008	Řez-B	2 ks	42,00	84,00	19%
B					
Z27626	Profil 6 30x30 L	0,6 m	241,00	144,60	19%
0.0.419.06	Profil 6 30x30 L				0,558 kg
Z13008	Řez-B	1 ks	42,00	42,00	19%
B					
U profilu v délce 45 mm nelze z důvodu zástavbových rozměrů montovat automatické spoje ze dvou stran proti sobě do stejné drážky:					
Z27645	Automatický spoj 6	30 ks	94,90	2 847,00	19%
0.0.419.71	Automatik-Verbindungssatz 6				0,531 kg

Cena je uvedena bez dopravy a bez balného.

Skladové položky expedujeme do 2 pracovních dnů.

U položek, které nejsou skladem a u všech plošných výplní,
je termín expedice nejpozději 2 týdny od obdržení závazné objednávky.
Pro ověření aktuálního stavu skladových zásob nás prosím kontaktujte.

Doufáme, že nabídka odpovídá Vaší představě a těšíme se na další spolupráci.
Budete-li potřebovat další informace, obraťte se prosím na našeho
technického poradce.

Ceny a expediční termín jsou platné pro uvedená množství, opracování
a navržené technické řešení.

Celkem: 9,846 kg

Tento doklad má pokračování na stránce č. 3

Dodavatel: Haberkorn Ulmer s.r.o.
Odběratel: Technická univerzita v Li

Nabídka: INMP-519/2009

**HABERKORN
ULMER**

Strana číslo: 3

		Částky v CZK		
		Základ	DPH	Celkem
základní sazba	19 %	5 597,35	1 063,50	6 660,85
Celkem		5 597,35	1 063,50	6 660,85
Zaokrouhlení				0,15
Částka k úhradě		5 597,50		6 661,00

Vystavil(a): Silvie VILČOVÁ

Převzal(a), dne:

Platnost nabídky: 27.12.2009

Platební podmínky: převodem, splatnost 14 dnů.

Způsob dopravy: expedicí dodavatele nebo poštou.

Termín dodání je platný, budou-li k datu dodání uhrazeny všechny závazky vůči firmě Haberkorn Ulmer s.r.o. po datu splatnosti.
V případě že jsou všechny závazky vůči firmě Haberkorn Ulmer s.r.o. uhrazeny, považujte toto sdělení za bezpředmětné.

Kontaktní osoba: Ing. Michal PAUR

Telefon: +420 553 757 306

Mobilní telefon: +420 605 203 623

Fax: +420 553 757 120

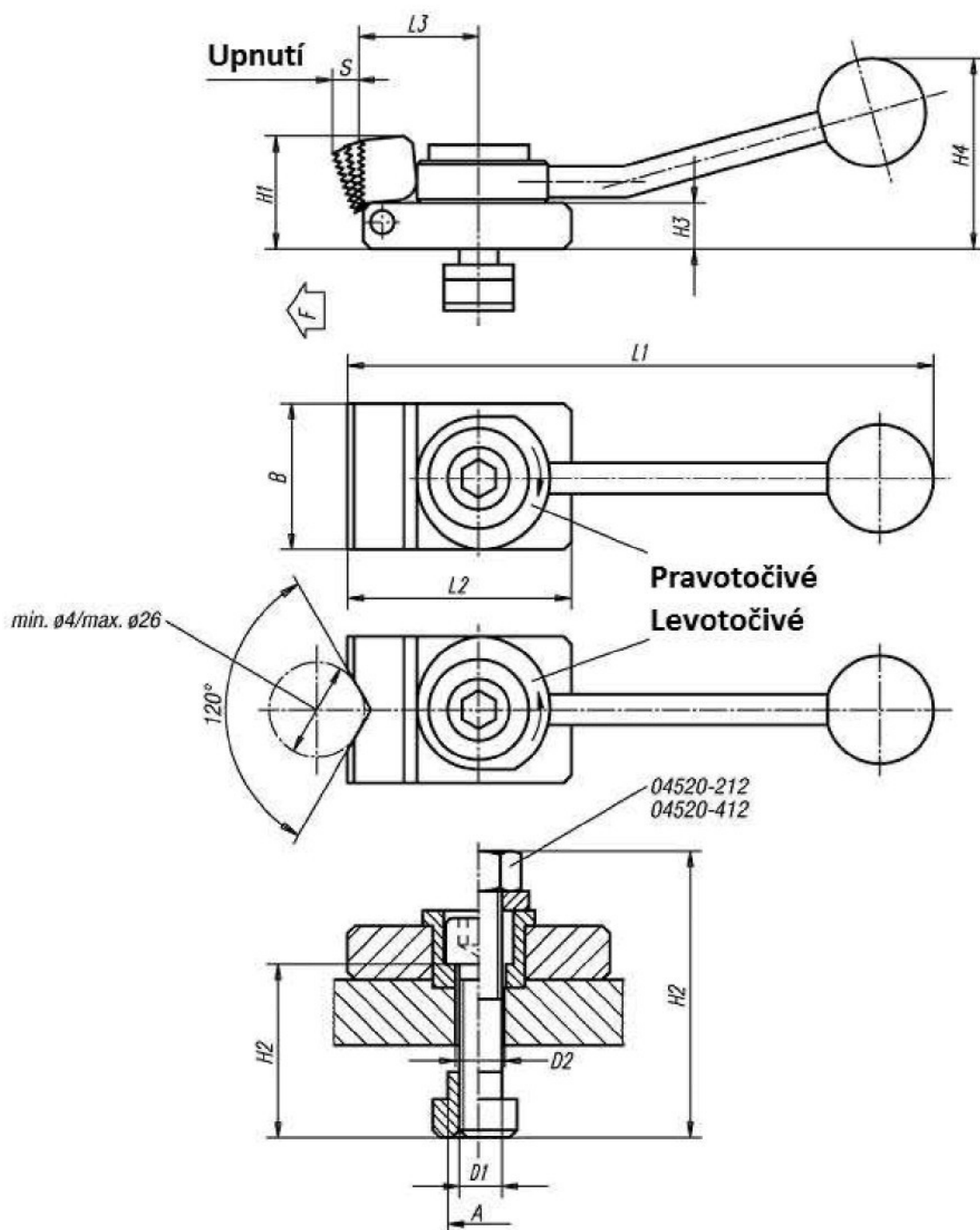
E-mail: michal.paur@haberkorn.cz

WWW: www.haberkorn.cz

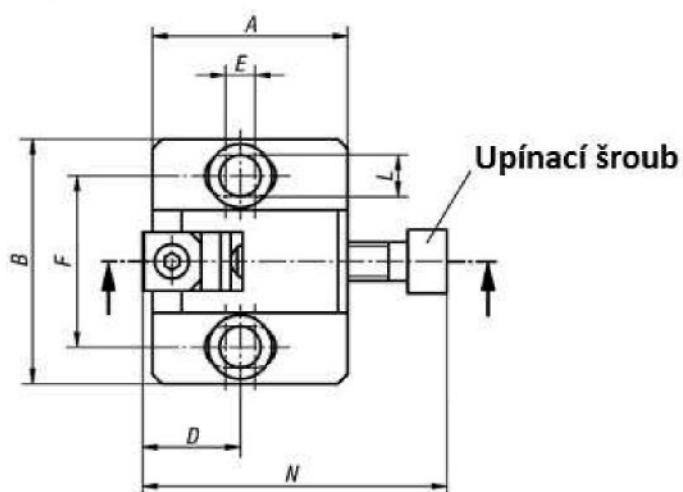
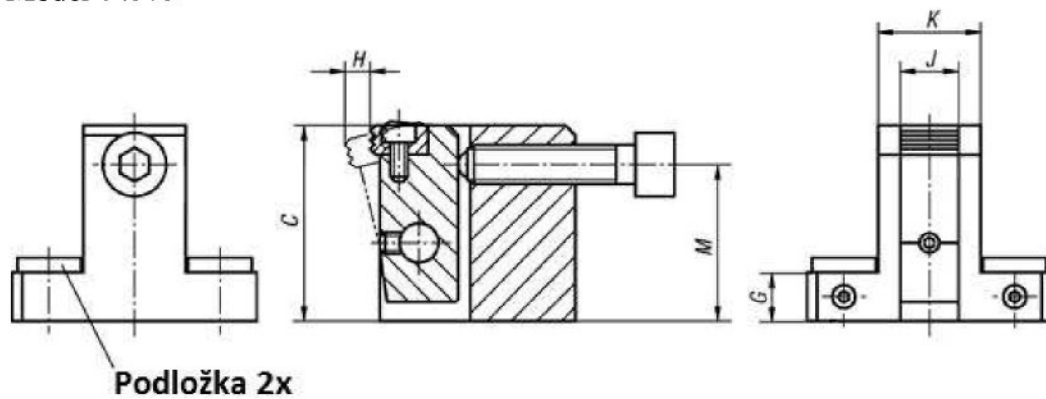
Příloha III

Funkce bočních upínek

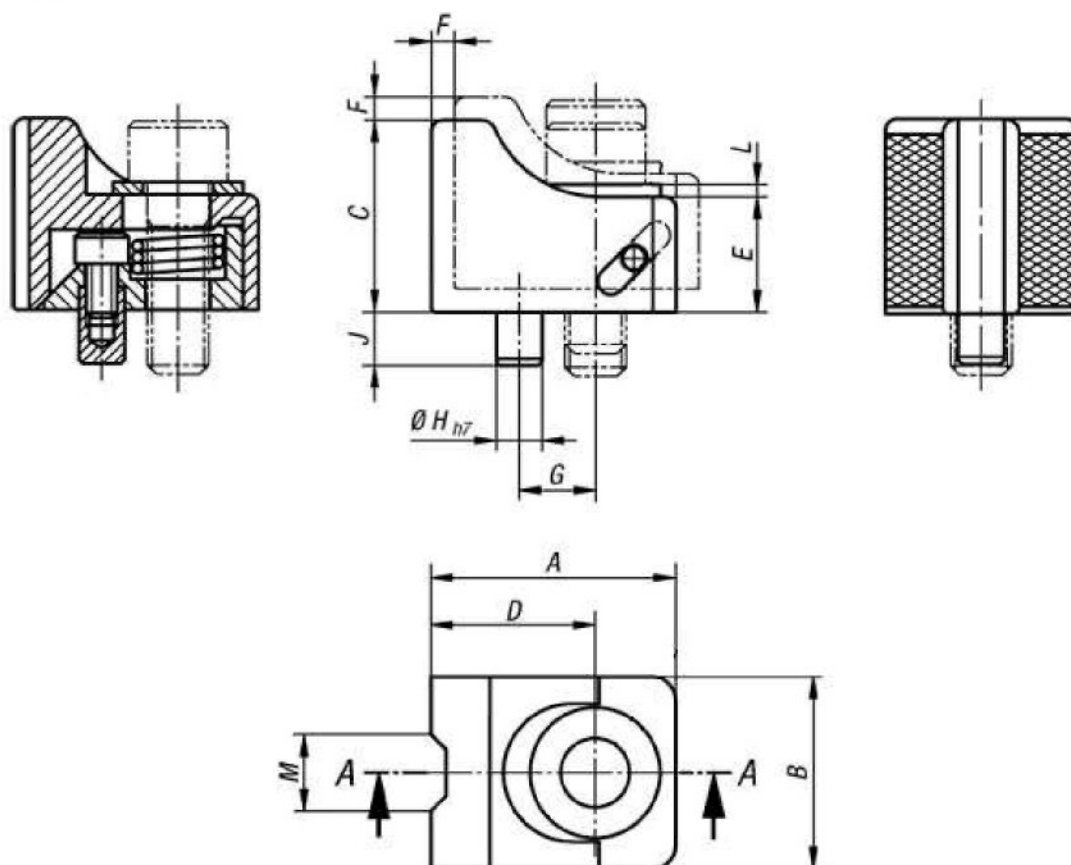
Model 04520

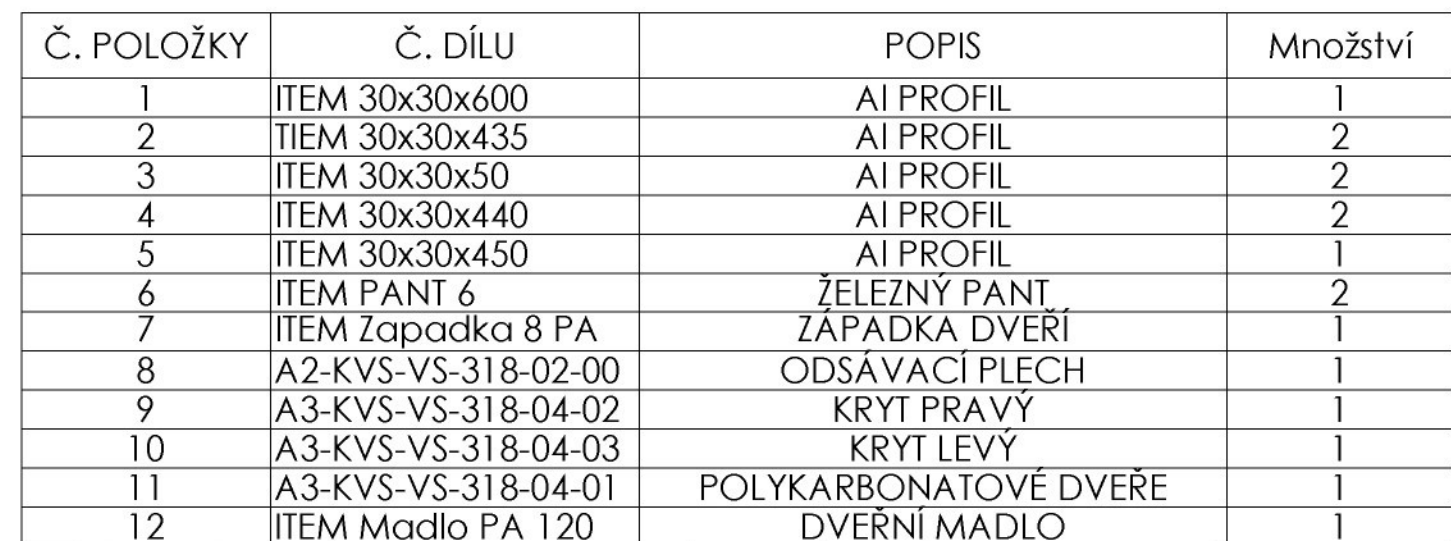
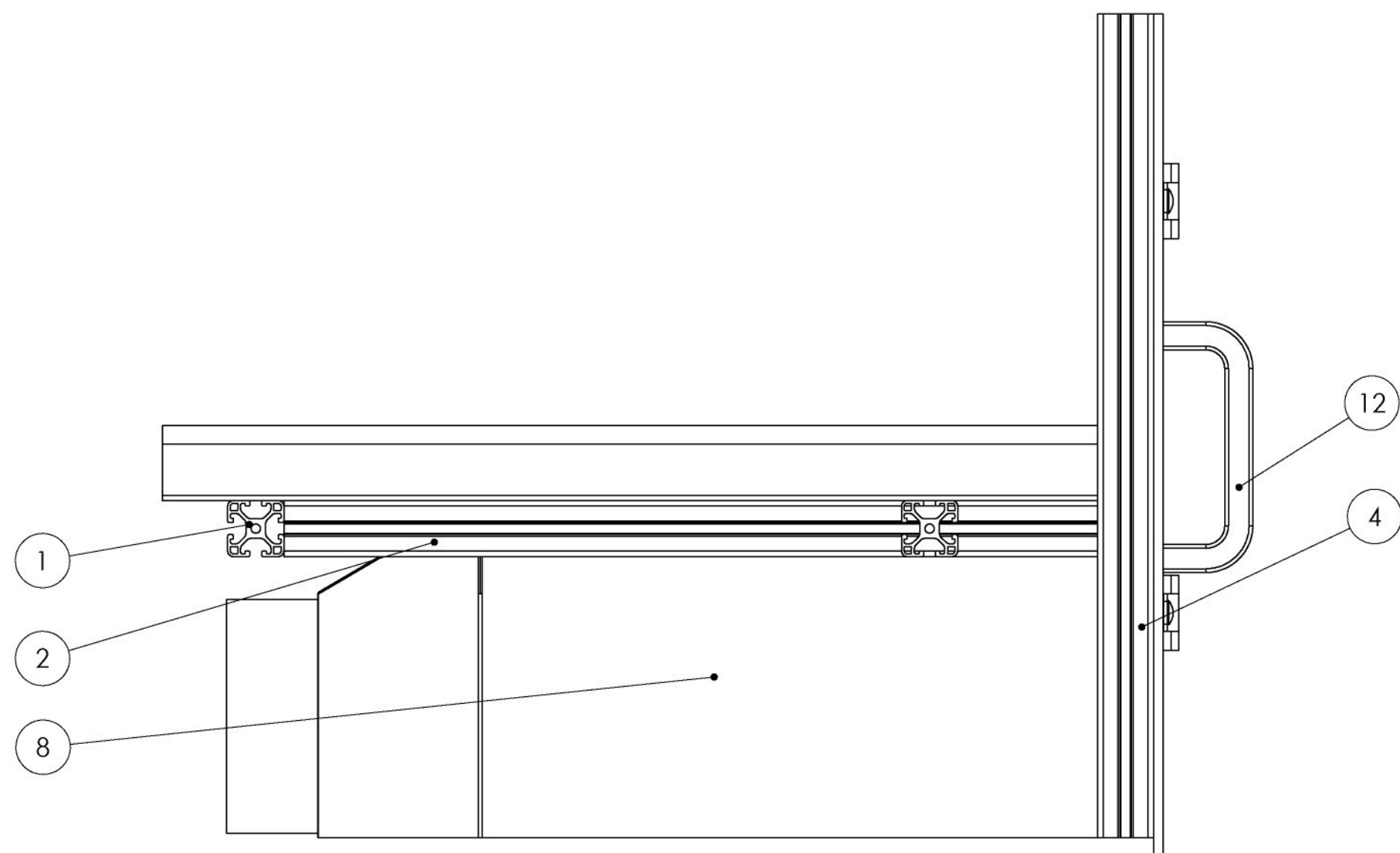


Model 04575

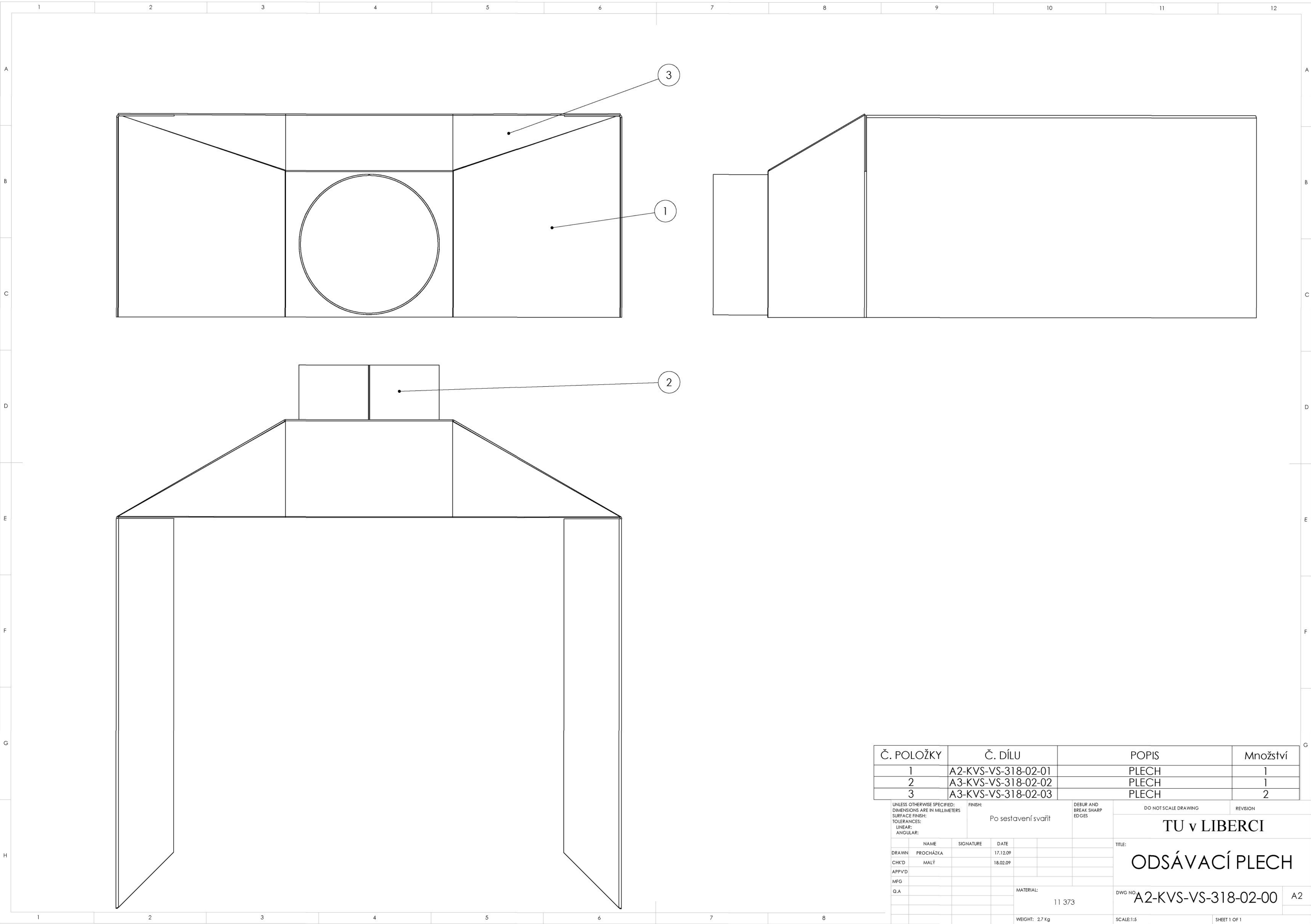


Model 04570



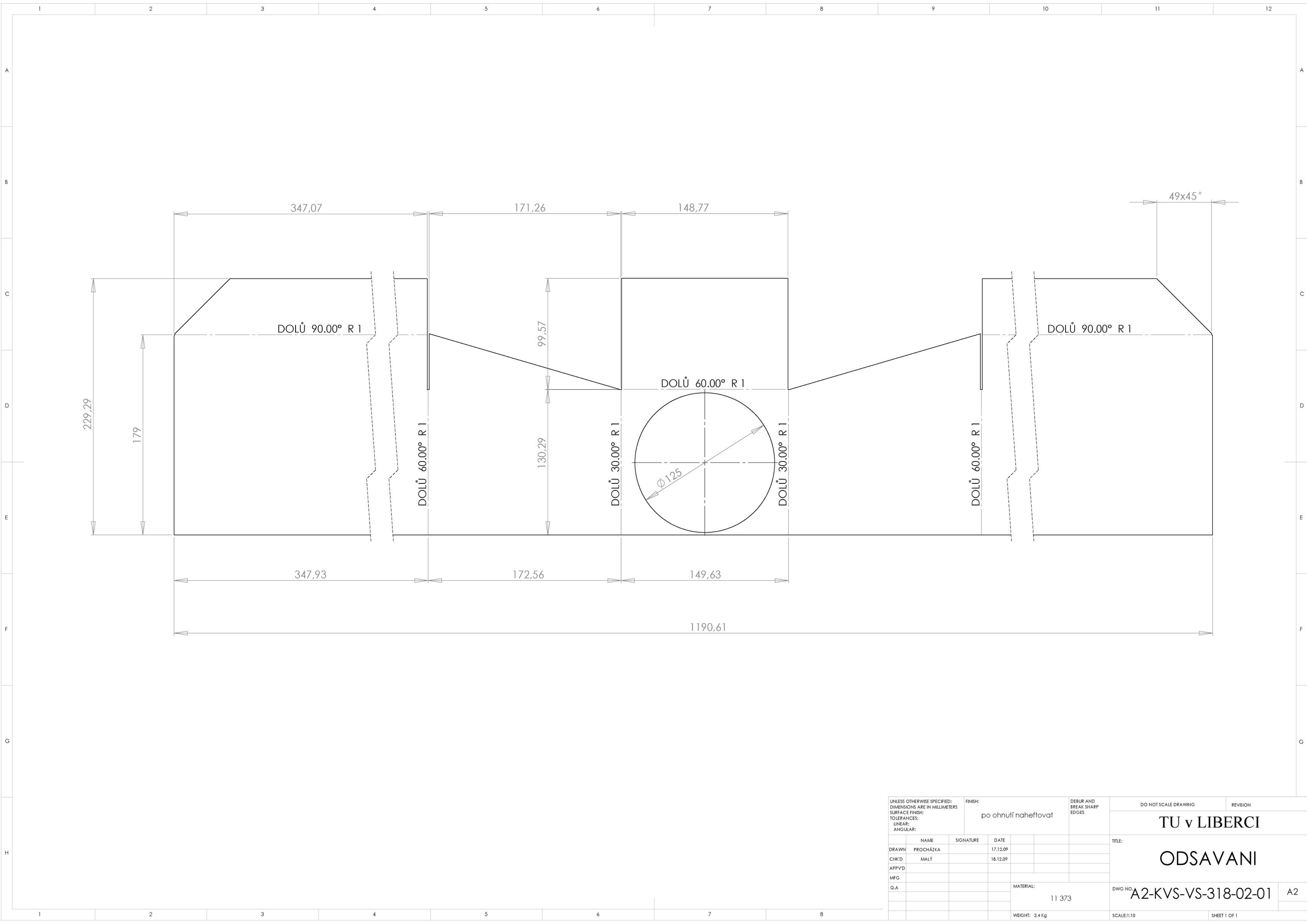


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TU v LIBERCI			
								TITLE:			
								ZAKRYTOVÁNÍ			
								DWG NO. A2-KVS-VS-318-00-00			
								SHEET 1 OF 1			

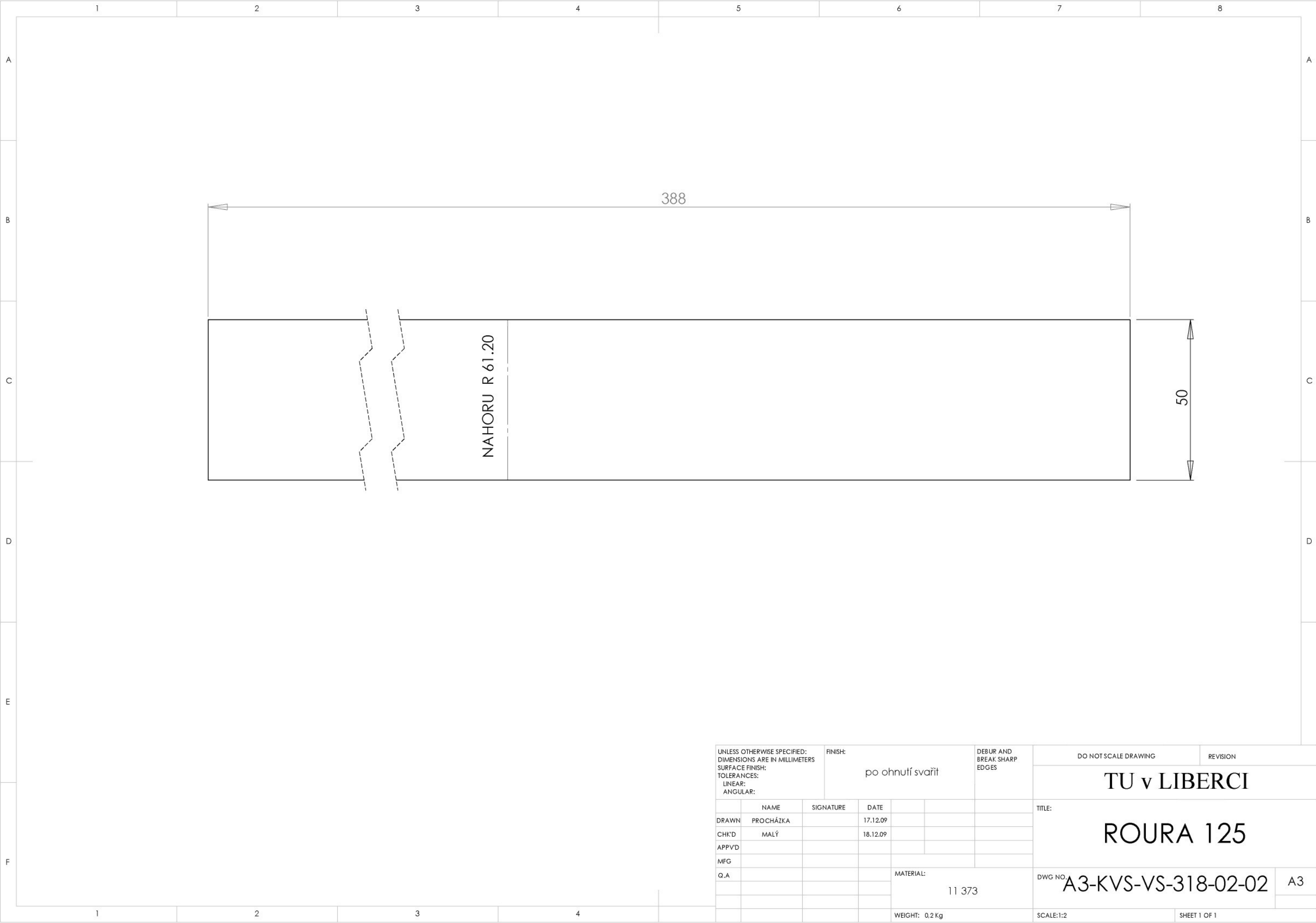


Č. POLOŽKY		Č. DÍLU		POPIS		Množství	
1		A2-KVS-VS-318-02-01		PLECH		1	
2		A3-KVS-VS-318-02-02		PLECH		1	
3		A3-KVS-VS-318-02-03		PLECH		2	

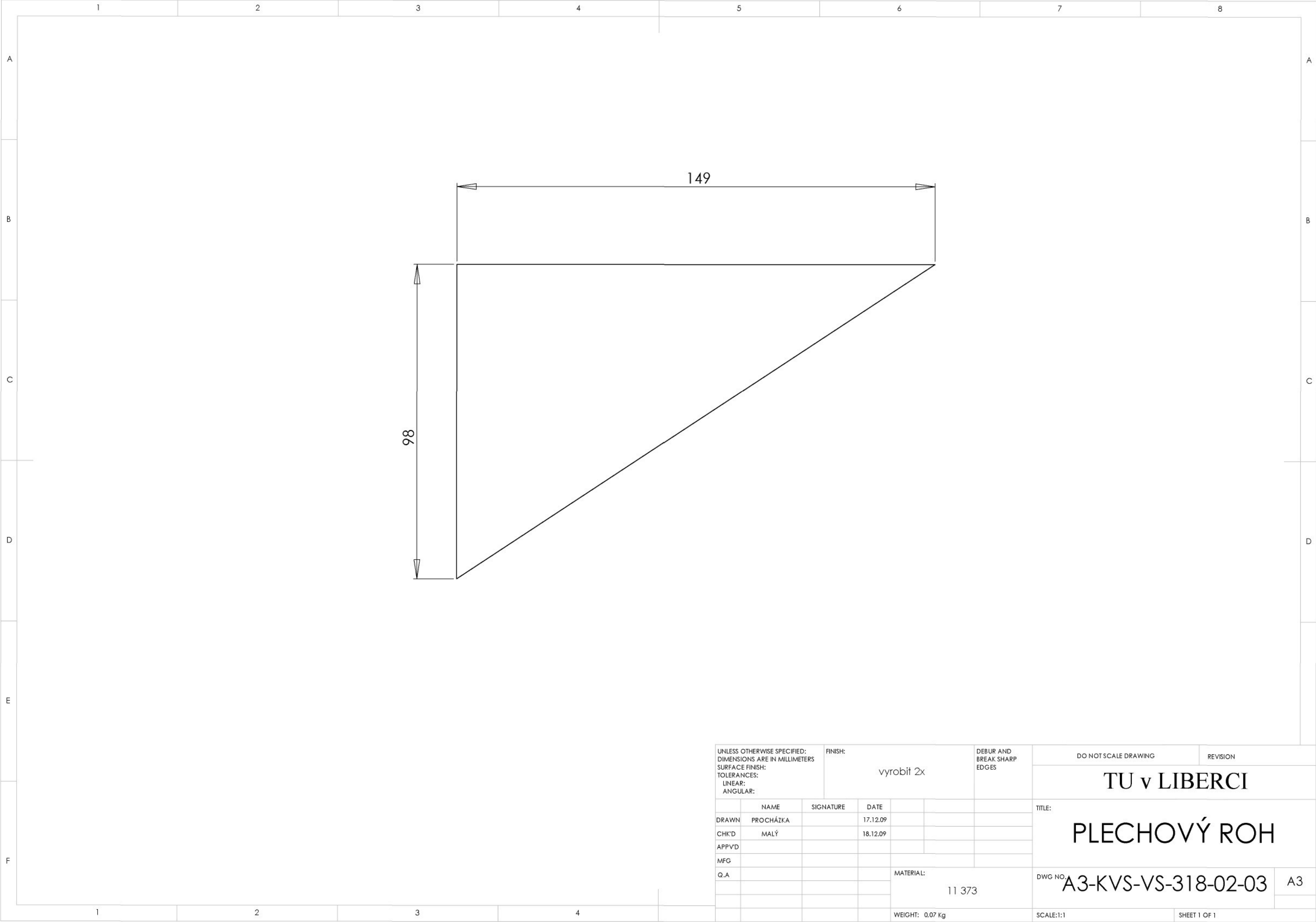
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES					
SURFACE FINISH:				DO NOT SCALE DRAWING							
TOLERANCES:								REVISION			
LINEAR:								TU v LIBERCI			
ANGULAR:								TITLE:			
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		DWG NO. A2-KVS-VS-318-02-00 A2			
CHK'D		PROCHÁZKA				17.12.09					
APPV'D		MALÝ				18.02.09					
MFG											
Q.A											
				MATERIAL:		SCALE:1:5					
				11 373		SHEET 1 OF 1					
				WEIGHT: 2.7 Kg							



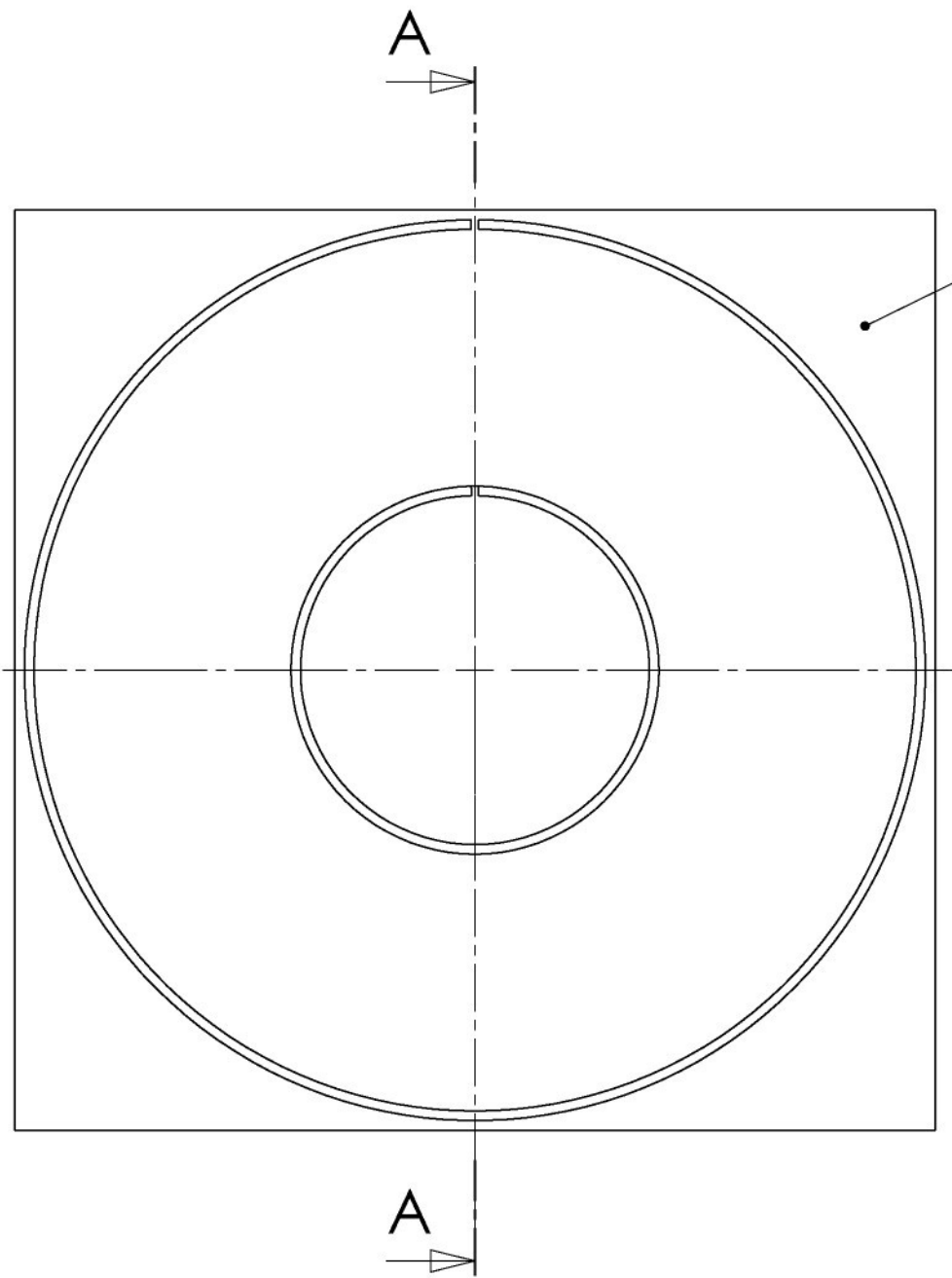
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH: po ohnutí naheftovat		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								TU v LIBERCI			
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:					
	PROCHÁZKA		17.12.09			ODSAVANI					
CHK'D	MALÝ		18.12.09								
APP'VD											
MFG											
Q.A				MATERIAL:		DWG NO.		A2-KVS-VS-318-02-01			
				11 373				A2			
				WEIGHT: 2.4 Kg		SCALE:1:10		SHEET 1 OF 1			



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH: po ohnutí svařit		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
							TU v LIBERCI			
	NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE: ROURA 125	
DRAWN	PROCHÁZKA				17.12.09					
CHK'D	MALÝ				18.12.09					
APPVD										
MFG										
Q.A										
					MATERIAL: 11 373		DWG NO. A3-KVS-VS-318-02-02		A3	
					WEIGHT: 0.2 Kg		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	



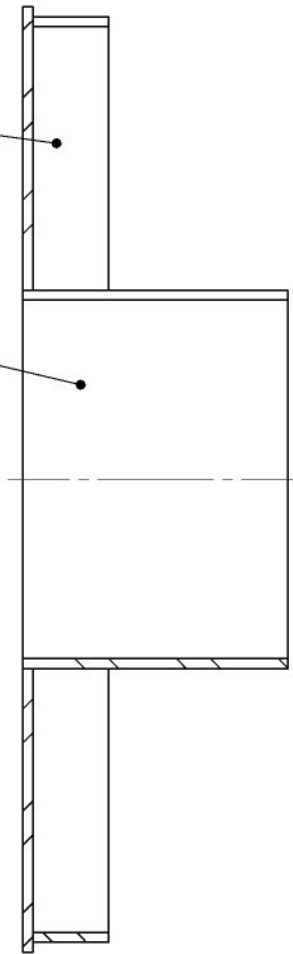
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH: vyrobít 2x		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
							TU v LIBERCI	
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: PLECHOVÝ ROH	
DRAWN	PROCHÁZKA		17.12.09					
CHK'D	MALÝ		18.12.09					
APPVD								
MFG								
Q.A				MATERIAL: 11 373			DWG NO. A3-KVS-VS-318-02-03	A3
				WEIGHT: 0.07 Kg			SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1



1

2

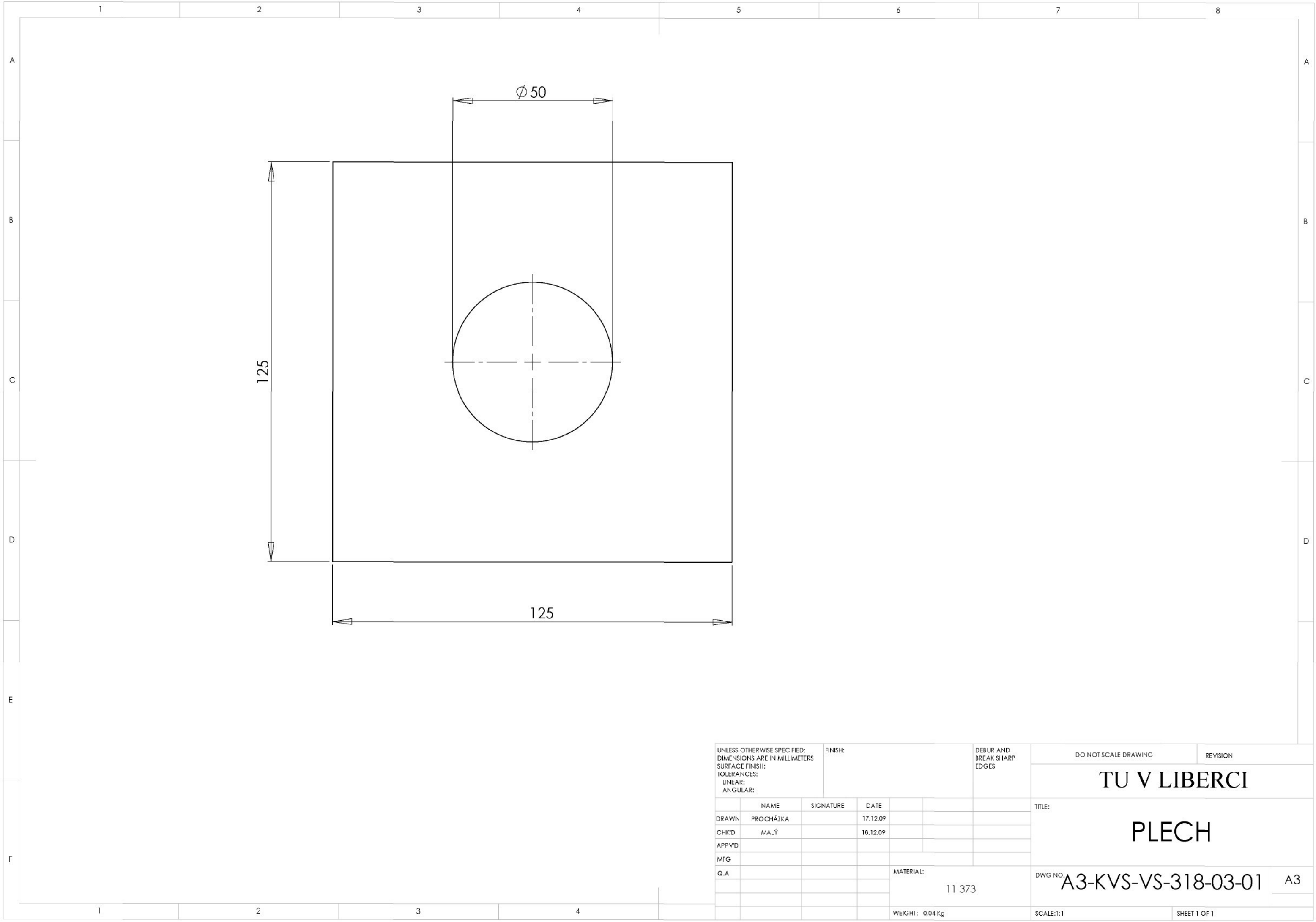
3



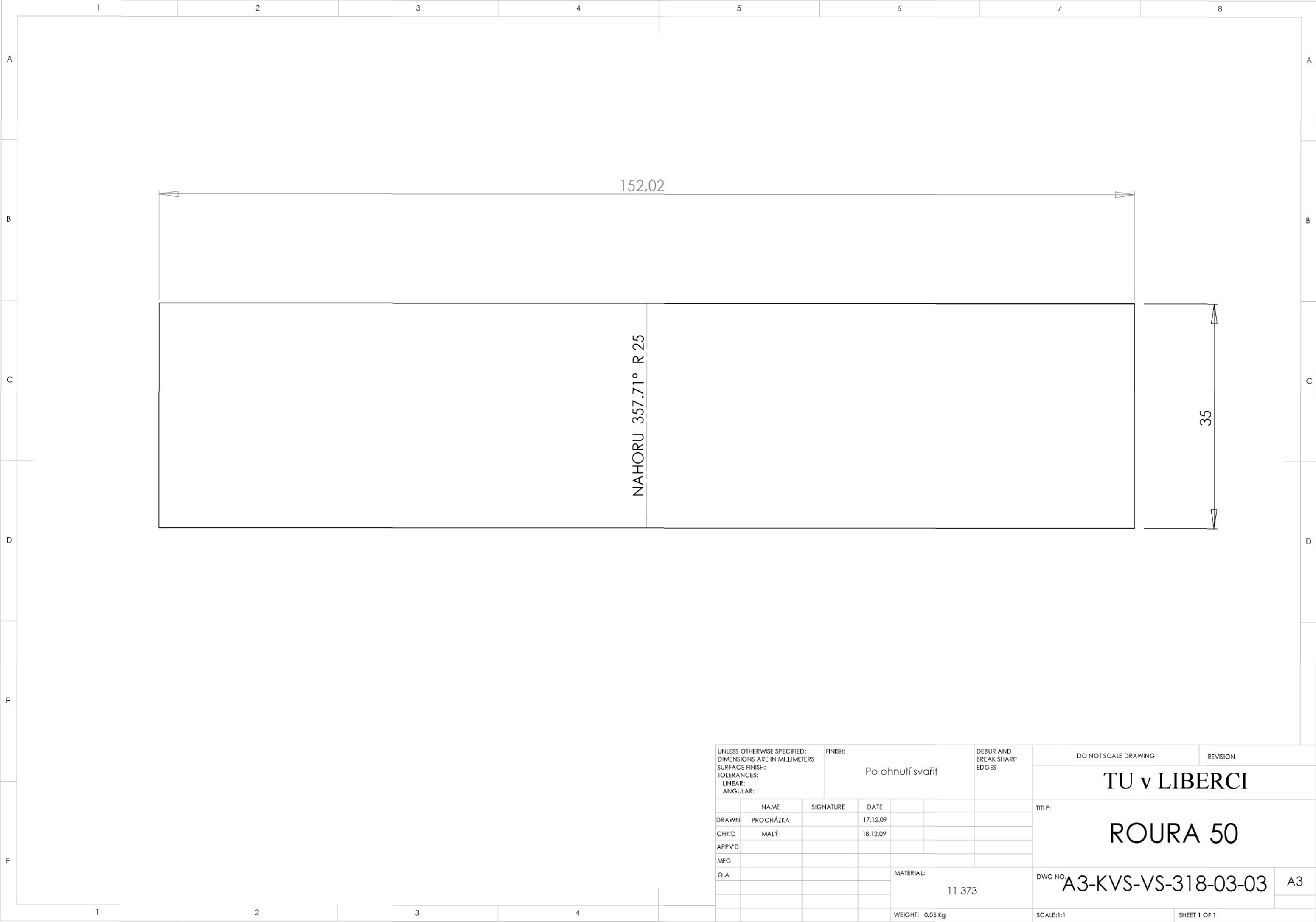
ŘEZ A-A

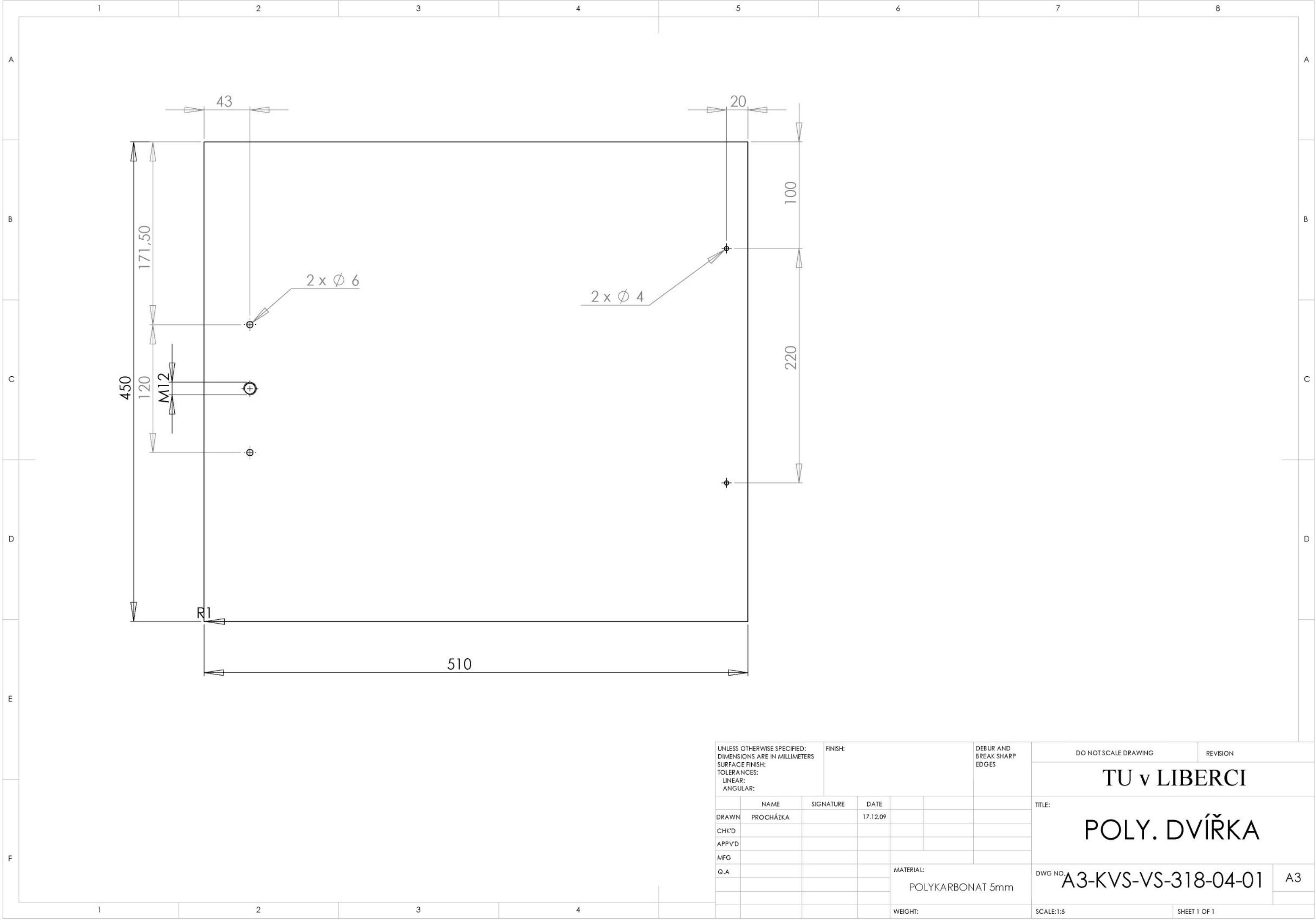
Č. POLOŽKY	Č. DÍLU	POPIS	Množství
1	A3-KVS-VS-318-03-01	PLECH	1
2	A3-KVS-VS-318-03-02	ROURA	1
3	A3-KVS-VS-318-03-03	ROURA	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		Po sestavení svařit		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION					
										TU v LIBERCI							
TITLE:										NÁSADA VYSAVAČE							
DWG NO.										A3-KVS-VS-318-03-00				A3			
SCALE:1:1										SHEET 1 OF 1							
WEIGHT: 0,24 Kg																	
MATERIAL:										11 373							
DRAWN										NAME		SIGNATURE		DATE			
CHK'D										MALÝ				18.12.09			
APP'VD																	
MFG																	
Q.A																	

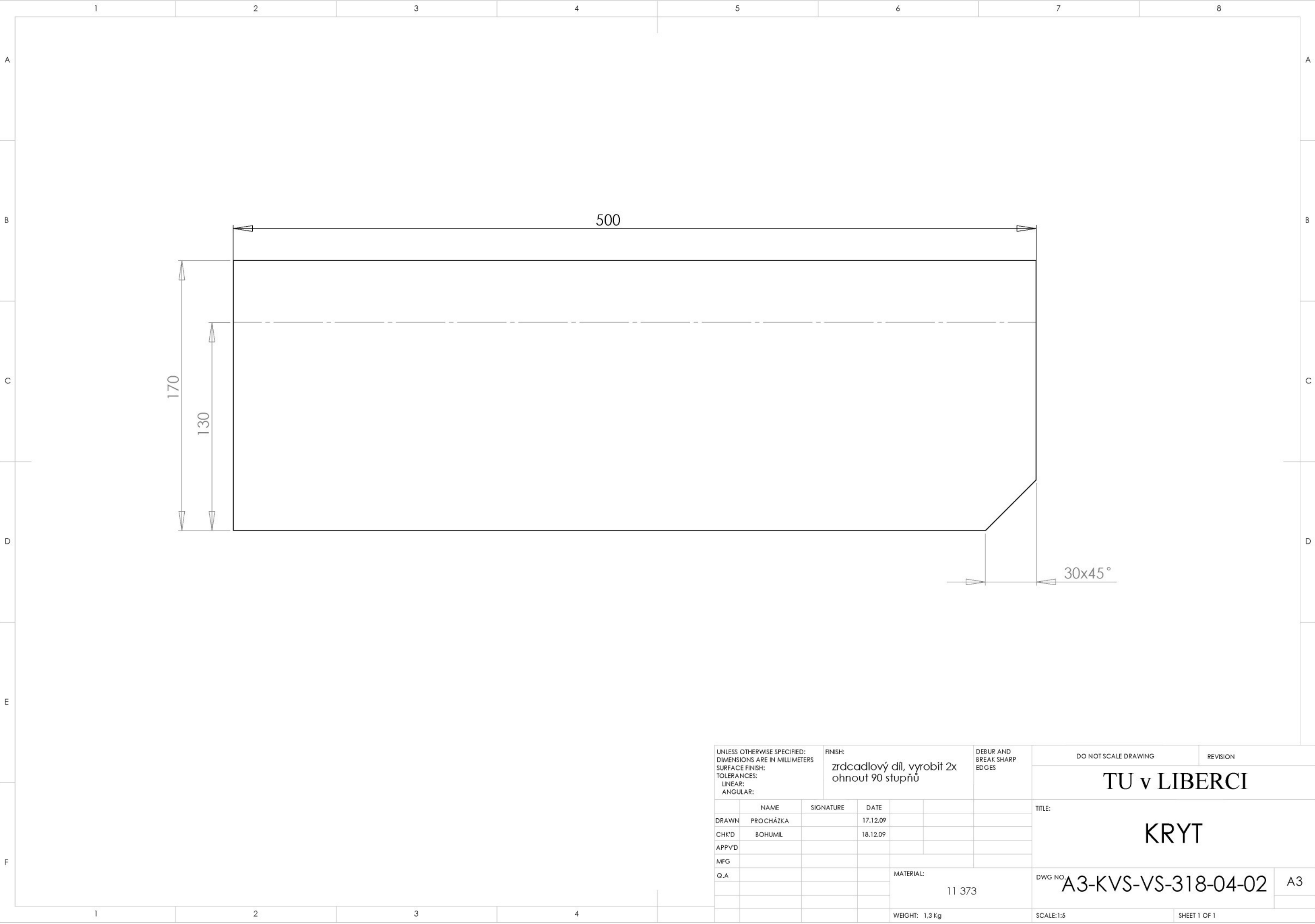


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
							TU V LIBERCI				
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: PLECH				
DRAWN	PROCHÁZKA		17.12.09								
CHK'D	MALÝ		18.12.09								
APPV'D											
MFG							DWG NO. A3-KVS-VS-318-03-01				
Q.A											
						MATERIAL: 11 373					
						WEIGHT: 0.04 Kg	SCALE:1:1			SHEET 1 OF 1	





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION			
							TU v LIBERCI					
	NAME		SIGNATURE		DATE			TITLE: POLY. DVÍŘKA				
DRAWN	PROCHÁZKA				17.12.09							
CHK'D												
APP'VD												
MFG												
Q.A							MATERIAL: POLYKARBONAT 5mm		DWG NO. A3-KVS-VS-318-04-01		A3	
							WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH: zrđcadlový díl, vyrobiť 2x ohnout 90 stupňů		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
							TU v LIBERCI				
	NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE: KRYT				
DRAWN	PROCHÁZKA		17.12.09								
CHK'D	BOHUMIL		18.12.09								
APPVD											
MFG											
Q.A				MATERIAL: 11 373							
				WEIGHT: 1.3 Kg			SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1		

DWG NO. A3-KVS-VS-318-04-02 A3