

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 - Strojirenství



Studijní obor: 2302R022 Stroje a zařízení

Zaměření: Stavba strojů

**Jednouúčelový stroj pro vrtání a závitování distančního
sloupku**

**Single-purpose machine for drilling and tapping distant
column**

KTS – B021

Martin Hladík

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jozef Kaniok, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kopal, CSc.

Rozsah práce:

Počet stran:	30
Počet tabulek:	1
Počet obrázků:	29
Počet příloh:	1

Datum odevzdání: 5. 6. 2009

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřeby TUL.

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

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a license for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date

Signature

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Jozefovi Kaniokovi, Ph.D, mému vedoucímu bakalářské práce za cenné podněty a připomínky, které mně ochotně a trpělivě poskytoval při tvorbě bakalářské práce.

Anotace

TÉMA: Jednouúčelový stroj pro vrtání a závitování distančního sloupku

Cílem bakalářské práce je příprava podkladů pro stavbu jednouúčelového stroje. V teoretickém úvodu jsou uvedeny informace o hlavních komponentech, konkrétně o otočných stolech, vrtacích a závitovacích jednotkách. V praktické části jsou navrženy řezné podmínky pro obrábění, výpočty výkonů jednotek, popis navržené konstrukce a finanční návratnost stroje.

THEME: Single-purpose machine for drilling and tapping distant column

The aim of bachelor thesis is preparation of materials for building single-purpose machine. The theoretical introduction states information about basic components, specifically about index rotary tables, drilling and tapping units. The practical part designs cutting conditions for machining, power calculations of the units, description of designed construction and financial return of the machine.

Klíčová slova

Klíčová slova v českém jazyce: vrtací, závitovací, jednotka, otočný, stůl

Klíčová slova v anglickém jazyce: drilling, tapping, unit, rotary, table

Obsah

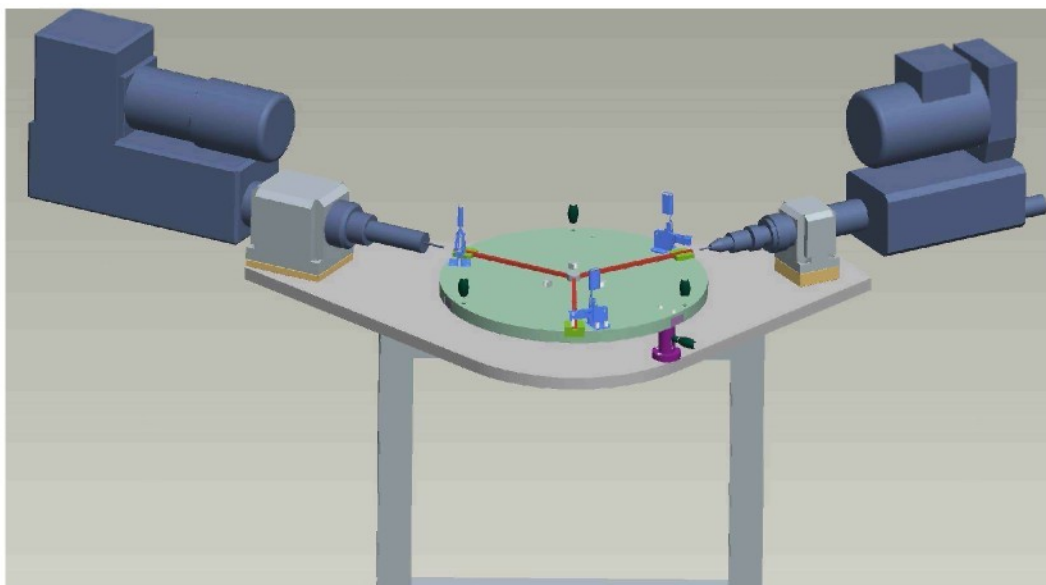
Seznam použitých zkratk a symbolů	7
1. Úvod	8
2. Teoretická část	9
2.1 Indexovací otočné stoly [1]	9
2.1.1 Rozdělení	9
2.1.2 Princip vačkou poháněných otočných stolů	9
2.1.3 Typy vačkových mechanismů	10
2.1.3.1 „Roller gear“	10
2.1.3.2 „Right angle“	10
2.1.3.3 „Parallel“	11
2.1.4 Typy křivek [2]	12
2.1.5 Vibrace	13
2.1.6 Přerušovaný nebo nepřerušovaný chod motoru	14
2.2 Vrtací a závitovací jednotky [3]	15
2.2.1 Úvod	15
2.3 Rozdělení vrtacích jednotek dle pohonu	15
2.3.1 Pneumatické jednotky	15
2.3.2 Hybridní jednotky	16
2.3.3 Elektrické jednotky	16
2.4 Pracovní posuv a vyprazdňování třisek	17
2.5 Závitovací jednotka	18
2.6 Příslušenství	19
2.6.1 Upevnění k rámu	19
2.6.2 Více-vřetenové hlavy	19
3. Praktická část	20
3.1 Technologie	20
3.1.1 Řezné podmínky	20
3.1.1.1 Vrtání	20
3.1.1.2 Závitování	21
3.1.2 Výpočet výkonu jednotek	21
3.1.2.1 Výkon vrtací jednotky	21
3.1.2.2 Výkon závitovací jednotky	22
3.1.3 Chlazení	22
3.1.4 Parametry jednotek	23
3.2 Konstrukce	24
3.2.1 Popis	24
3.2.2 Zajištění polohy	25
3.2.3 Čelisti a dorazy	25
3.2.4 Výpočet uzavírací síly svěráku	26
3.2.5 Výpočet těžiště konstrukce	27
3.3 Finanční návratnost	28
4. Závěr	29
Seznam použité literatury	30

Seznam použitých zkratek a symbolů

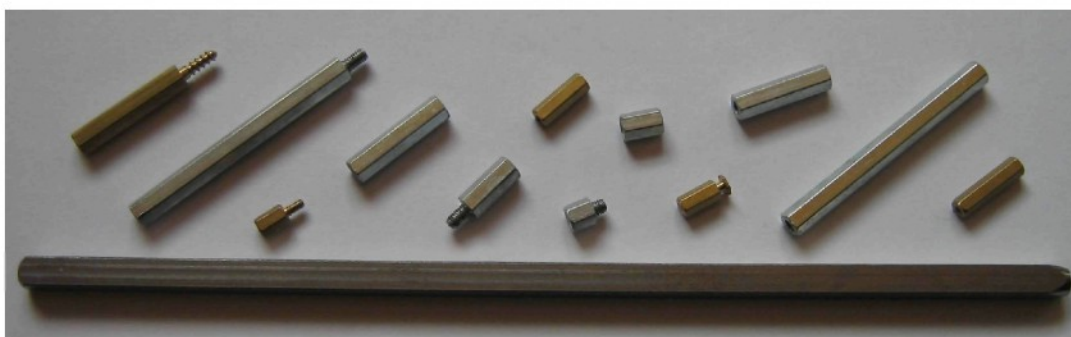
Symbol	Popis	Jednotka
D	průměr závitu	mm
d	průměr díry	mm
F	upínací síla	N
F _A	axiální síla	N
F ₁	síla vyvozená od čelisti	N
F ₂	síla vyvozená od čelisti	N
JUS	jednúčelový stroj	-
k	počet komponent	-
K _c	měrná řezná síla	MPa
M _k	krouticí moment	N.m
m	hmotnost	kg
n	otáčky vřetene	ot/min
OK5	šestihran o průměru 5 mm	-
P	výkon	W
p	stoupání závitu	mm
Q	spotřeba vzduchu	l/zdvih
s	posuv na otáčku	mm/ot
T ₁	čas prvního vrtání	s
T ₂	čas návratu	s
T ₃	čas druhého a dalších vrtání	s
V _c	řezná rychlost	m/min
X _T	X souřadnice těžiště	mm
Y _T	Y souřadnice těžiště	mm
β	úhel indexace	°

1. Úvod

Cílem mé bakalářské práce je navrhnout konstrukci jednoúčelového stroje pro vrtání a závitování (obr. 1.1) distančních sloupků (obr. 1.2). Zařízení je určeno pro sdružení SAWAC, založené počátkem 90. let. Postupem času se firma rozrostla do nynější podoby, kdy zaměstnává 10 zaměstnanců ve dvou dílnách v obci Mírová pod Kozákovem. Hlavním sortimentem výroby jsou soustružené dílce na automatických soustruzích s možností ručních dokončovacích operací, případně se zajištěním povrchových úprav (cementování, pozinkování, černění...). Jedním z výrobků, které musí projít ruční výrobou jsou různé typy distančních sloupků. Dosavadní pracovní postup je následující. Na automatickém soustruhu je obrobena polotovár z jedné strany vyvrtaný a nazávitovaný M3 o délce 6mm. Druhá strana se dokončuje na stolových vrtačkách, kde se nejprve díl navrtává, následně vrtá a nakonec závituje. Distanční sloupky jsou dlouhodobě odebírány společností 2N Telekomunikace.



Obr. 1.1: Navržená konstrukce



Obr. 1.2: Distanční sloupky

2. Teoretická část

2.1 Indexovací otočné stoly [1]

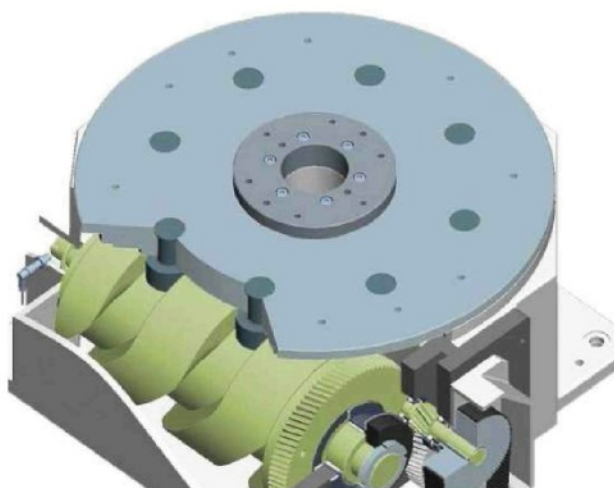
2.1.1 Rozdělení

Otočné stoly se dají rozdělit do 2 kategorií podle požadovaného polohování výstupního členu. Na číslicově řízené systémy se servo-pohonem, které umožňují natočení do jakékoliv polohy. Při konstrukci jednoúčelových strojů se uplatňují jen velmi zřídka. Slouží převážně jako přídatná programovatelná osa s vlastním M kódem pro CNC zařízení. Druhou rozsáhlejší skupinou jsou vačkové systémy pro vytváření přerušovaných pohybů. Vačky zaručují vysokou spolehlivost, rychlé provedení pohybu, vysokou reprodukovatelnost a přesnost poloh.

2.1.2 Princip vačkou poháněných otočných stolů

Vačkou poháněný mechanismus má dva základní prvky, a to vačku spojenou se vstupní hřídelí a unášec umístěný na výstupní hřídeli (obr. 2.1). Pokud se vačka otáčí, tak jsou kolečka na unášeci vedena po trajektorii udávanou tvarem vačky.

V průběhu části vstupní rotace uvede vačka unášec do statické klidové polohy, potřebné pro technologickou operaci. Ve zbývajících částech otáčky donutí geometrie vačky k rotaci kladek unášece a tím i výstupního členu. Tento pohyb se nazývá indexace.



Obr. 2.1: Vačka s unáščem

2.1.3 Typy vačkových mechanismů

2.1.3.1 „Roller gear“

Tato skupina indexérů využívá globoidní vačky zabírající s otočnými kladkami, radiálně upevněnými po vnější obvodové straně výstupního hřídele (obr. 2.2). Vstupní hřídel je kolmá k výstupní. S tímto pravoúhlým uspořádáním je možné docílit průchozího otvoru uvnitř výstupního hřídele. Středový otvor může být použit pro přívod elektrických a pneumatických kabelů, nebo k upevnění centrálního sloupku. Relativně velký průměr vačky v porovnání k unášeci umožňuje rozmanitý počet přesunů, krátké časové cykly a velké změny polohy stolu k relativně malému natočení vstupního členu. Produkční řada „roller gear“ se využívá pro většinu běžných polohovacích aplikací. Nabízí počet poloh (stanic) od 2 do 32. Je určena pro desky stolu s průměrem od 200 do 2 500 mm. Axiálně radiální uložení stolu ve čtyřdotykovém ložisku dovoluje vysoká zatížení, u nejnižší modelové řady - axiální 8000N, radiální 3200 N a dovolený krouticí moment 200 Nm.



Obr. 2.2: Typ Roller gear

2.1.3.2 „Right angle“

Tato skupina indexérů je založena na válcových nebo bubnových vačkách spojených s kladkami, které mají osu rotace rovnoběžnou s výstupní hřídelí (obr. 2.3). Tak jako u předchozího modelu jsou na sebe hřídele kolmé. Zasunutá vačka pod unášecem stolu zajišťuje kompaktní uspořádání. Typ geometrie dovoluje i konstrukci velmi rozměrných indexérů pro manipulaci s mnoha tunovými objekty v řádu sekund. Systémy „Right angle“ poskytují od 2 do 24 stanic, průchozí otvor středem stolu a přírubu k upevnění desky.



Obr. 2.3: Typ Ryght angle

2.1.3.3 „Parallel“

Tyto indexéry mají dvě dohromady spojené vačky zabírající s paralelně spřaženými kladkami. Výstupní hřídel je rovnoběžná se vstupní (obr. 2.4). Díky paralelnímu uspořádání není na vačkách žebrování, tak jako v případě globoidních či válcových vaček. Další přednost spočívá v ne reverzaci otáček kladek v průběhu kroku. Pokud rotují v průběhu cyklu stejným směrem, je možné dosáhnout až 1000 poloh za minutu. Výhodou jsou i dvě spojené vačky, dovolující různorodé a speciální typy přesunů z jednotlivých poloh. Indexéry „Parallel“ jsou využívány například ve farmacii, pro rychlé a přesné umístění komponent.

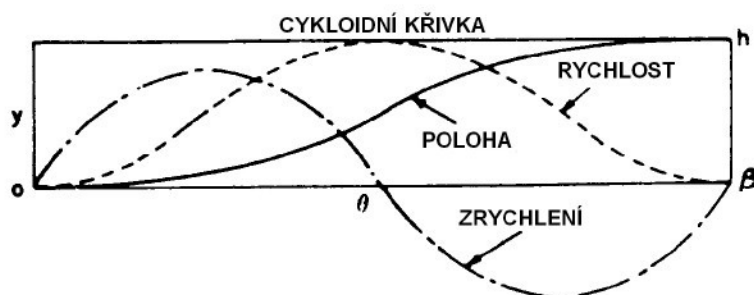


Obr. 2.4: Typ Parallel

2.1.4 Typy křivek [2]

Kontrolované indexování je kompromisem mezi třemi fázemi: zrychlením, maximální rychlostí a zpomalením. K optimalizaci přechodu mezi těmito fázemi bylo vyvinuto několik základních typů křivek.

Cykloidní křivka (obr. 2.5) je odvozena od pohybu bodu ležícího na kružnici, která se pohybuje po přímce. Pro svou nízkou změnu zrychlení na koncích klidové polohy se často užívá při vysokorychlostních aplikacích.



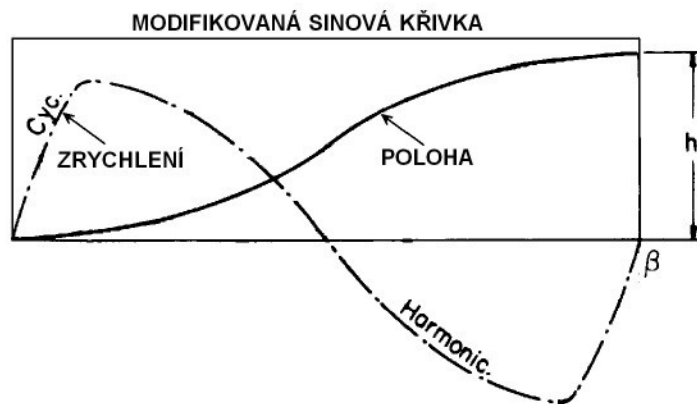
Obr. 2.5: Cykloidní křivka

Modifikovaná trapezoidní . Tato křivka je kombinací cykloidní a křivky konstantního zrychlení (obr. 2.6).



Obr. 2.6: Modifikovaná trapezoidní křivka

Modifikovaná sinová křivka se skládá z cykloidní a harmonické křivky (obr.2.7). Změna maximálního momentu na minimální probíhá ve 42% přechodového času, což dělá z této křivky ideální možnost pro indexaci velikých hmotností.

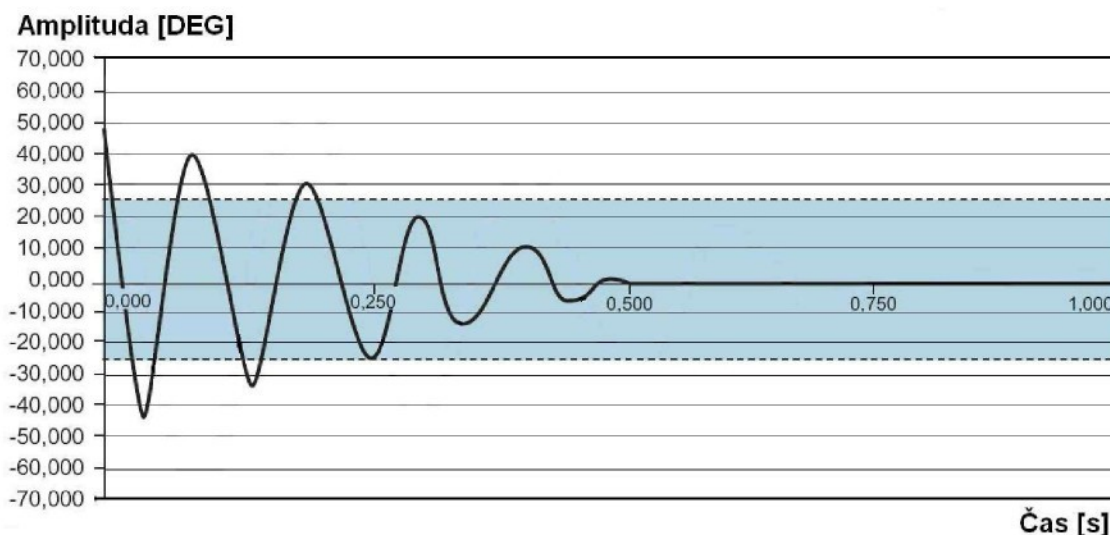


Obr.2.7: Modifikovaná sinová křivka

Pro speciální případy, kdy je třeba v určitých pozicích určitá rychlost se mohou upravit předchozí typy křivek nebo navrhnout polynommickou křivku.

2.1.5 Vibrace

Vačkou poháněné krokovací aplikace jsou často voleny pro jejich stabilitu v klidové poloze, zvláště u operací s vysokou rychlostí. Vibrace a opotřebení jsou minimalizována předpjatou vazbou mezi vačkou a unášečem. Předpjaté valivé vedení je rovněž použito na vstupní hřídeli a na výstupu z indexovacího pohonu. Standardní kritérium pro dovolené vibrace zní: požadovaná amplituda vibrací nesmí být po 25 % času v klidovém stavu vyšší než 25 šedesátinných vteřin (obr.2.8). Splnění této podmínky ověřuje dodavatel pomocí programu.

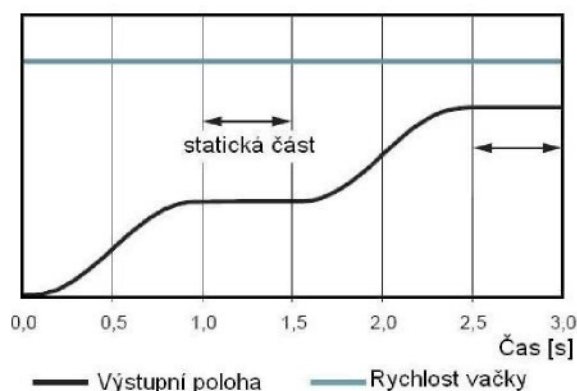


Obr. 2.8: Vibrace v průběhu cyklu

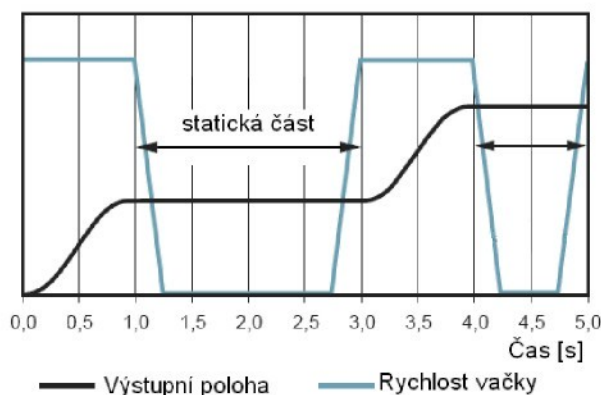
2.1.6 Přerušovaný nebo nepřerušovaný chod motoru

V některých případech je požadovaná doba klidu, během níž se provádí technologická operace, krátká vzhledem k době pohybu z jedné stanice do druhé a nemění se. Pak se tvar vačky navrhne tak, že se motor během práce výrobní linky otáčí plynule bez zastávek (obr. 2.9).

V jiných případech se požaduje poměrně dlouhá doba klidu a co nejkratší doba pohybu talíře. Drážka vačky pro krokované s nepřetržitým otáčením vačky by měla v oblasti pohybu příliš strmou šroubovici, která způsobuje nepřiměřeně velké síly na kladku. Zde se doba pohybu rozprostře podél co největší části obvodu vačky a uprostřed zbylého klidového úhlu se motor zabrzdí. Po dokončení technologické operace se motor znovu rozběhne (obr. 2.10). Používá se asynchronní motor s elektromagnetickou brzdou. Brzdové obložení je na disk diskové brzdy přitlačeno mechanickými pružinami. Přítlak se uvolní silou elektromagnetu, který se připojí k napájení současně s připojením vinutí motoru. Motor a cívka brzdy se připojí k síti společným stykačem.



Obr. 2.9: Průběžný chod motoru



Obr. 2.10: Přerušovaný chod motoru

2.2 Vrtací a závitovací jednotky [3]

2.2.1 Úvod

Vrtací a závitovací jednotky jsou určeny ke stavbě jednoúčelových strojů, které jsou určeny pro obrábění dílů s velkou sériovostí – od 150 tis. kusů za rok. Sestavené JÚS jsou používány v oblastech výroby pro automobilový, nábytkářský, telekomunikační průmysl, průmysl armatur a výrobu domácích spotřebičů a profilů. Cílem je zproduktivnění stávajících výrob nebo dosažení co nejnižší ekonomické náročnosti při zavádění nových výrobků. Hlavními výrobci jednotek s dlouholetou tradicí jsou společnosti Sugino, Suhner a Euroma. Vrtací a závitovací jednotky jsou samostatné jednotky určené k vrtání a závitování, případně mohou sloužit jako pohon pro lešticí nástroje, pro frézování a další aplikace. Jedná se o stroje kompaktních rozměrů s vlastním řízením otáček i posuvu. Všechny jednotky umožňují plynulou regulaci řezných podmínek, rychlé přiblížení z výchozí polohy k obrobku a nastavení koncové polohy.

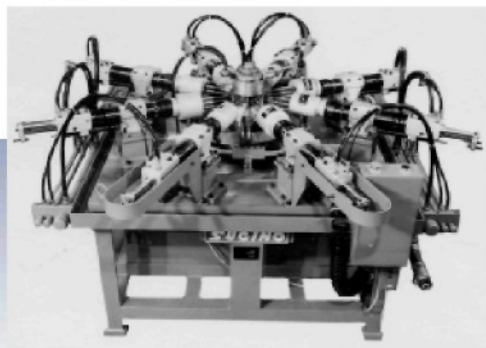
2.3 Rozdělení vrtacích jednotek dle pohonu

2.3.1 Pneumatické jednotky

Otáčky i posuv je řízen pouze stlačeným vzduchem. Tyto jednotky (obr. 2.11) pracují bez elektrické energie a jejich konstrukce je navržena s ohledem na co nejmenší vestavný prostor. Kompaktnost předurčuje tyto jednotky pro vestavbu do jednoúčelových strojů obr.(obr. 2.12) s limitovaným prostorem.



Obr. 2.11 Pneumatická jednotka



Obr. 2.12 Pneumatický JUS

2.3.2 Hybridní jednotky

U těchto modelů jsou otáčky vřetena poháněny elektromotorem v kombinaci s mechanickým převodem. posuv vřetena do záběru a jeho vrácení do výchozí polohy je zabezpečeno pneumatickým ventilem. Tyto jednotky (obr. 2.13) jsou cenově nejvýhodnější v porovnání s dodávaným výkonem.



Obr. 2.13: Elektricko – pneumatická jednotka L[3], P [4]

2.3.3 Elektrické jednotky

První vestavěný servomotor nebo elektromotor napájený přes frekvenční měnič pohání vřeteno v širokém spektru otáček. Druhý elektromotor, který je zcela nezávislý na otáčkách, pak zabezpečuje posuv vřetena do záběru. Vrtací jednotky (obr. 2.14) jsou řízeny pomocí CNC a umožňují plynulou změnu otáček a postupné vyvrtávání.



Obr. 2.14: Elektrická jednotka

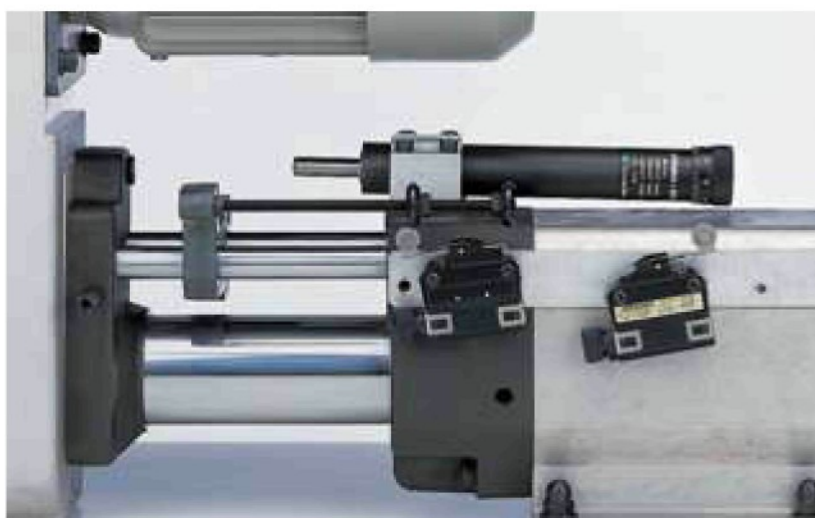
2.4 Pracovní posuv a vyprazdňování třísek

Posuv do řezu je realizován stlačeným vzduchem pomocí pneumatického válce, který je tvořen pinolou vrtací jednotky, pracovní posuv je zabezpečen hydraulickým brzdícím válcem (obr. 2.15) se škrtícím ventilem. Pracovní posuv je možno seřídit v rozsahu 10 - 10000 mm/min.

Vyprazdňování je realizováno pomocí pneumatické brzdy na brzdícím válci, která zastaví zpětný posuv pístnice brzdícího válce a tím je možno se vrátit do pozice přerušení práce rychloposuvem a dále pokračovat pracovním posuvem. Takto je možno přerušit posuv vpřed v libovolném počtu vyprázdnění. Vracení pístnice brzdícího válce je na konci cyklu odblokováno pneumatickým impulsem do brzdy brzdícího válce a tím dojde k vysunutí pístnice do výchozí pozice. Jednotka je vybavena indukčními snímači základní a konečné pozice pinoly (obr. 2.16).

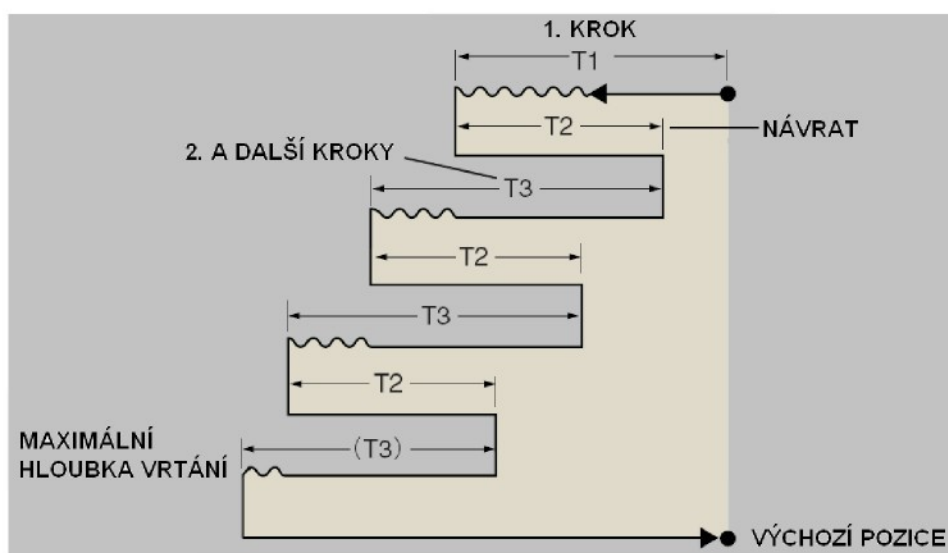


Obr. 2.15: Brzdící hydraulický válec



Obr. 2.16: Indukční snímače polohy

K řízení vyvrtávacího cyklu je použita řídicí jednotka „step controller“. První krok je realizován v čase T_1 (obr. 2.17), kdy se pinola přiblíží rychloposuvem k obrobku. Při kontaktu pístnice brzdícího válce s dorazem se spustí pracovní posuv. Po vykonání prvního kroku následuje výjezd z díry definovaný časem T_2 , stejný pro každý další výjezd. Čas T_3 určuje dobu vrtání druhého a dalších kroků, který je z důvodu horšího odvodu třísek kratší než T_1 . Tímto způsobem je pokračováno do té doby, než se dosáhne maximální hloubky vrtání a návratu pinoly do výchozí polohy.



Obr. 2.17: Schéma vyvrtávacího cyklu

2.5 Závítovací jednotka

Jednotky pro řezání závitů mají otáčky a posuv synchronizovány speciálním mechanickým převodem (obr. 2.18). Jejich řízení umožňuje téměř okamžitou změnu směru otáčení. Tyto jednotky také umožňují plynulou regulaci řezných podmínek, rychlé přiblížení z výchozí polohy k obrobku a přesné nastavení koncové polohy.

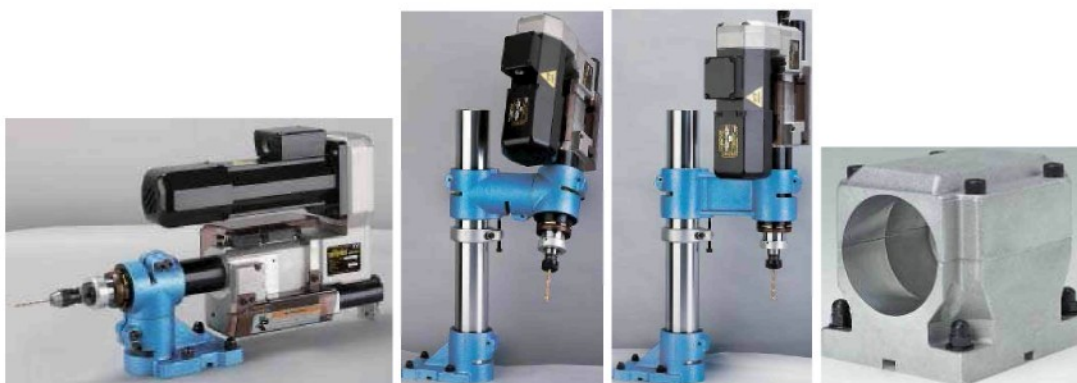


Obr. 2.18: Závítovací jednotka

2.6 Příslušenství

2.6.1 Upevnění k rámu

K modelům vrtacích i závitovacích jednotek se vyrábí a dodává doplňkové vybavení. Jedná se o ucelenou řadu stojanů, držáků a polohovacích úchytů (obr.2.19). Jednotky jsou uchyceny za nepohybující se válcovou část. Vhodnou volbou kombinace držáků lze docílit požadované pracovní pozice jednotky.



Obr. 2.19 Možnosti upevnění jednotek k rámu

2.6.2 Více-vřetenové hlavy

Více-vřetenové hlavy (obr. 2.20) lze upnout na všechny typy vrtacích i závitovacích jednotek a tím také několikanásobně zvýšit výrobní kapacitu za stejný čas operace. Hlavy jsou vyráběny v provedení s pevnou ale i nastavitelnou roztečí, dovolující měnit v určitém rozmezí osovou vzdálenost nástrojů.



Obr. 2.20: Více-vřetenové hlavy

3. Praktická část

3.1 Technologie

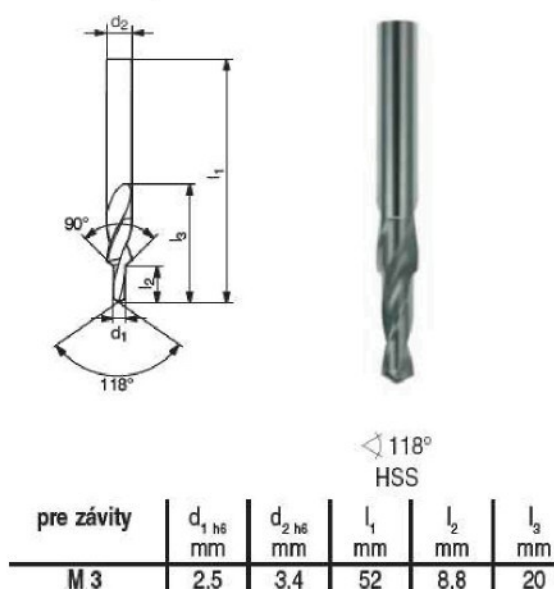
3.1.1 Řezné podmínky

Řezné podmínky zde budou z důvodu různých materiálů a různých děr obrobku stanoveny pro materiál - ocel 11 523 s průměrem vrtané díry $d=2,6\text{mm}$. Tento průměr se nachází na horní hranici pro závit M3. Při doporučené střední hodnotě díry 2,5 mm docházelo dříve k nadměrnému lámání závitníků.

3.1.1.1 Vrtání

Pro vrtání bude použit sdružený vrták (obr. 3.1), který je přímo určen pro vrtání pod závit M3 se sražením hrany pro náběh závitu.

- Vícefazetkový stupňovitý vrták
- S válcovou stopkou, pravořezný
- Řezný materiál HSS
- Úhel zahloubení 90°
- Řezná rychlost $V_c = 20\text{--}30\text{ m/min}$.
- Max. posuv na otáčku $n = 0,06\text{ mm/ot.}$



Obr. 3.1: Vrták [5]

S ohledem na možnosti vrtacích jednotek jsou stanoveny otáčky na $n = 3000$ ot./min.

Řezná rychlost je následně vypočtena dle vzorce (1)

$$V_c = \pi \cdot d \cdot n \quad (1)$$

Dosazení a výpočet:

$$V_c = 3,14 \cdot 0,0026 \cdot 3000 = 24,5 \text{ m/min.} \quad (2)$$

Řezná rychlost se nachází v pracovní oblasti vrtáku. Strojní posuv je volen na 0,04 mm na otáčku.

3.1.1.2 Závítování

Pro závítování budou použity strojní spirálové závitníky s otáčkami vřetene 800 ot/min.. Řezná rychlost tedy bude podle vztahu (1)

Dosazení a výpočet:

$$V_c = 3,14 \cdot 0,003 \cdot 800 = 7,5 \text{ m/min.} \quad (3)$$

3.1.2 Výpočet výkonu jednotek [4]

3.1.2.1 Výkon vrtací jednotky

Výkon motoru se vypočte dle vztahu (4).

$$P = \frac{M_k \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (4)$$

Potřebný krouticí moment je vyjádřen vzorcem (5).

$$M_k = \frac{K_c \cdot s \cdot d^2}{1000 \cdot 2 \cdot 2^2} \quad (5)$$

Kde d ... průměr vrtáku [mm]

s ... posuv na otáčku [mm]

K_c ... měrná řezná síla určená z tabulek pro vrtání $K_c = 3000$ Mpa

Dosazení a výpočet:

$$M_k = \frac{3000 \cdot 0,04 \cdot 2,6^2}{1000 \cdot 2 \cdot 2^2} = 0,1 \text{ Nm} \quad (6)$$

Dosazení a výpočet výkonu motoru :

$$P = \frac{0,1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 3000}{60} = 31,4 \text{ W} \quad (7)$$

Minimální výstupní výkon vrtací jednotky, bez započtení účinnosti je tedy 31,4 W.

3.1.2.2 Výkon závitovací jednotky

Krouticí moment pro závitování se vypočte dle vztahu (8)

$$M_k = \frac{K_c \cdot d \cdot p^2}{1000 \cdot 2 \cdot 2^2} \quad (8)$$

Kde d ... nominální průměr závitu [mm]

p ... stoupání závitu [mm]

K_c ... měrná síla určená z tabulek pro závitování $K_c=2500\text{Mpa}$

Dosazení a výpočet:

$$M_k = \frac{2500 \cdot 3 \cdot 0,5^2}{1000 \cdot 2 \cdot 2^2} = 0,23 \text{ Nm} \quad (9)$$

Výkon motoru se vypočte dle vztahu (4)

Dosazení a výpočet:

$$P = \frac{0,23 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 800}{60} = 19,3 \text{ W} \quad (10)$$

Hodnota výkonu 19,3 W je vypočtena bez účinnosti závitovací jednotky a platí pro nové závitníky, pro opotřeбенé nástroje se zvýší až třikrát.

3.1.3 Chlazení

Chlazení bude u závitování realizováno kapáním oleje na závitník (cca. 1 kapka/s), ve vzdálenosti 1cm od obrobku, kde se bude v nepracovním čase cyklu nacházet činná část závitníku. U vrtání bude použito chlazení emulzí (2 kapky za/s), taktéž ve vzdálenosti 1 cm od obrobku, aby nedocházelo k rozstříku emulze na otočný stůl. V případě nedostatečného chlazení by se muselo dokoupit čerpadlo.

3.1.4 Parametry jednotek

Vzhledem k požadovaným parametrům a ceně byly vybrány tyto jednotky od společnosti Sugino.

Vrtací jednotka

Selfeeder revo (obr. 2.13 - L)

Otáčky	$n=3000 \text{ ot/min}$
max. průměr vrtáku	$d=3 \text{ mm}$ pro ocel, 6.5 mm pro hliník
max. axiální síla	$F_A=600 \text{ N}$
výkon	$P=0,25 \text{ kW}$
spotřeba vzduchu	$Q=2-3 \text{ l/zdvih}$
hmotnost	$m=14 \text{ kg}$

Závitovací jednotka

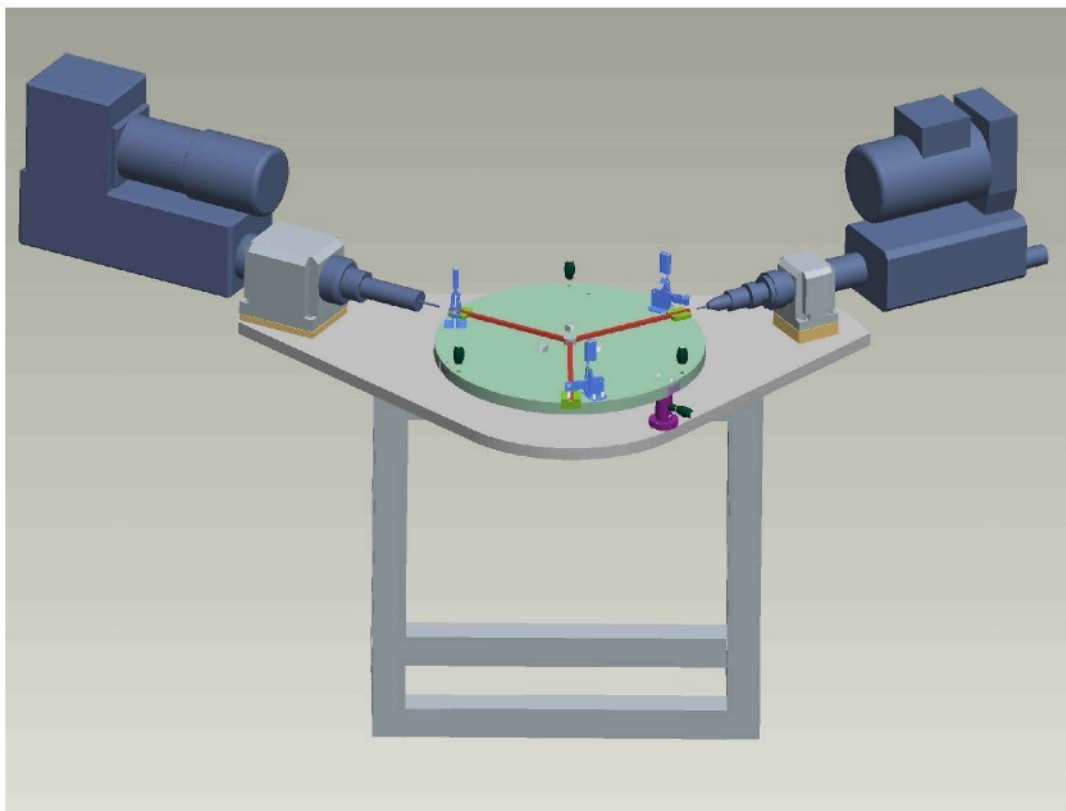
Synchro tapper (obr. 2.18)

otáčky	$n=750 \text{ ot/min}$
max. průměr závitu	$D=M5$ pro ocel, $M8$ pro hliník
výkon	$P=0,35 \text{ kW}$
hmotnost	$m=27 \text{ kg}$

3.2 Konstrukce

3.2.1 Popis

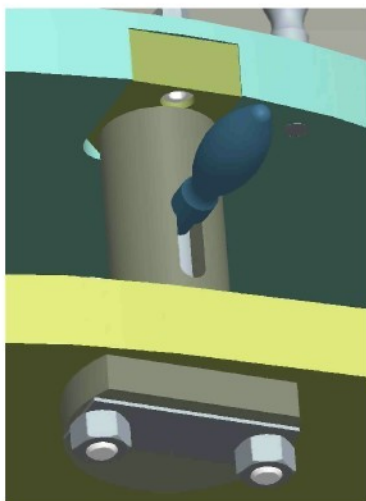
Konstrukce vychází ze tří poloh na desce otočného stolu (obr. 3.2). V první poloze se manuálně odepíná a upíná obrobek, v další je vrtán a ve třetí je závitován. Všechny tyto operace jsou prováděny ve stejný časový úsek. Tím dojde ke zkrácení výrobního času u některých typů distancí až na 30 %. Po upnutí obrobku a audiovizuální kontrole nástrojů na jednotkách otočí obsluha stůl o 120° do další polohy, proti směru hodinových ručiček. K otáčení stolu není použito indexovací zařízení, které je popisováno v teoretické části. Z důvodu vysoké ceny, okolo 100 000 Kč, bylo od tohoto způsobu řešení ustoupeno. Ke spuštění vrtacího a závitovacího cyklu bude použit ovládací panel po levé ruce obsluhy s tlačítky start a central stop. Po spuštění vrtání a závitování vyjímá obsluha obrobek a upíná nový. Po upnutí otáčí stůl do další polohy nebo čeká až dokončí poslední jednotka svůj cyklus.



Obr. 3.2: Celkový pohled na stroj

3.2.2 Zajištění polohy

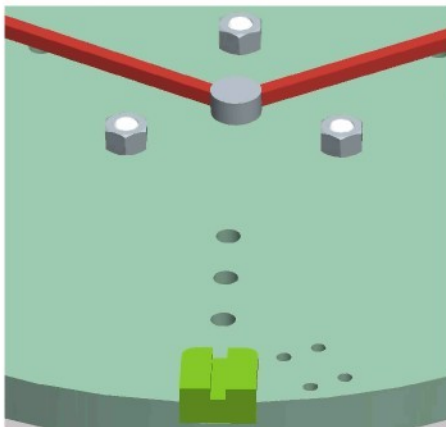
Zajištění polohy bude realizováno smáčknutím a přetlačením pružiny aretačního kolíku, který se vysune ze zarážky umístěné na spodní straně stolu. Během rotace stolu se bude muset pravděpodobně kolík držet ve spodní poloze. Neboť při puštění a roztočení stolu, by docházelo při samovolném zasunutí kolíku pružinou do zarážky k rázům.



Obr. 3.3: Zajištění polohy

3.2.3 Čelisti a dorazy

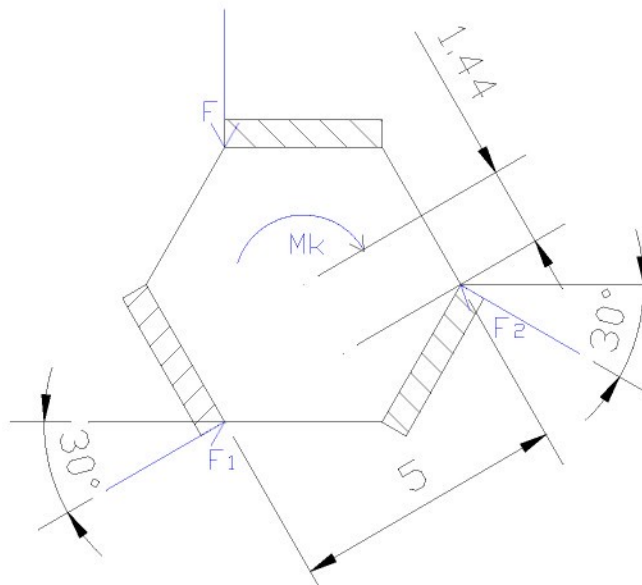
Pro obrábění odlišných průměrů a tvarů distancí jsou zde vyměnitelné kalené upínací čelisti (obr. 3.4), které zajistí správnou osovou výšku. Dorazy pro kratší dílce budou upevněny v systému třech děr, nejdelší kusy 204 mm mají doraz přímo v ose otočného stolu.



Obr. 3.4: Čelist a doraz

3.2.4 Výpočet uzavírací síly svěráku

Pro výpočet uzavíracích sil je použito statické uvolnění (obr. 3.5) pro dílec OK5, kde je použit krouticí moment vyvozený při závitování.



Obr. 3.5: Upevnění šestihramu

$$\uparrow \quad F_1 \cdot \sin 30^\circ + F_2 \cdot \sin 30^\circ - F = 0 \quad (11)$$

$$\rightarrow \quad F_1 \cdot \cos 30^\circ - F_2 \cdot \cos 30^\circ = 0 \quad (12)$$

$$\circ \quad 1,44 \cdot (F_1 + F_2 + F) - M_k = 0 \quad (13)$$

Kde ... $M_k = 0,69 \text{ Nm}$

Řešením rovnic 11 až 13 vyjde hledaná síla F působící z páky na obrobek na 160 N. K upínání budou použity rychloupínací vertikální svěráky s horizontální základnou (obr. 3.6) o maximální upínací síle 900 N. Upínání je tedy realizováno, když bude madlo svěráku ve svislé poloze. Ve vodorovné poloze dojde k natočení přitlačné části až o 90° , tím dojde k uvolnění prostoru pro odebrání a zavádění obrobku.



Obr. 3.6 Rychloupínací vertikální svěrák[6]

3.2.5 Výpočet těžiště konstrukce

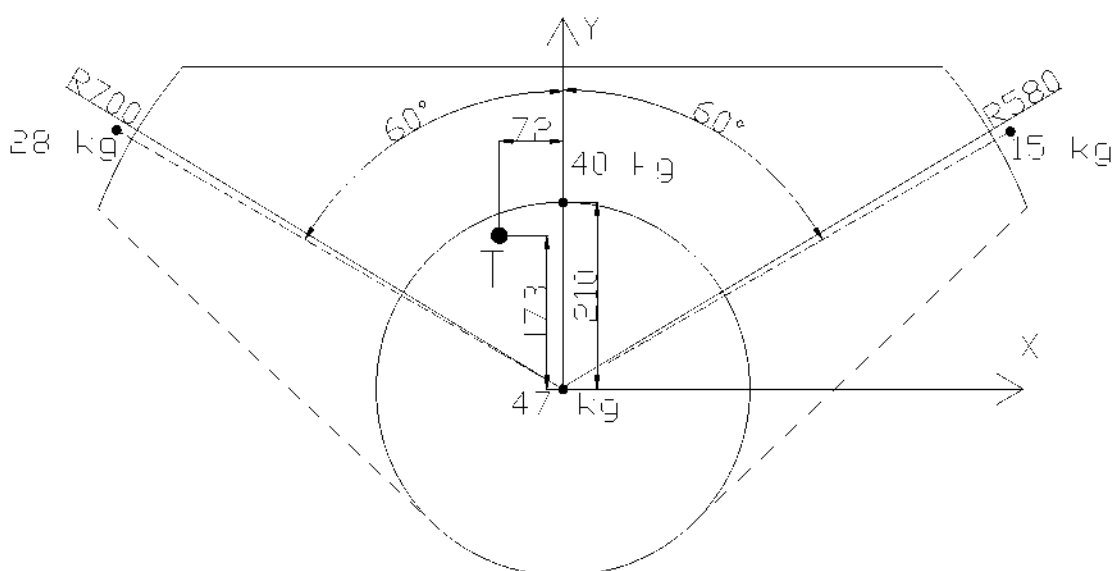
Pro vhodné umístění rámu je nutné vypočítat těžiště konstrukce, tak aby se předešlo nestabilnímu uložení. Jednotlivé hmotnosti a vzdálenosti těžišť dílčích členů jsou vidět na obrázku (Obr. 3.7). Souřadný systém má počátek v ose rotace stolu. Celkové těžiště v jednotlivých osách se vypočte dle vztahů 14.

$$X(Y)_T = \frac{\sum_{i=1}^k X(Y)_{T_i} \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (14)$$

Dosazení a výpočet:

$$X_T = \frac{0.47 + 0.40 + 15.580 \cdot \sin 60 - 28.700 \cdot \sin 60}{47 + 40 + 15 + 28} = -72 \text{ mm} \quad (15)$$

$$Y_T = \frac{0.47 + 210.40 + 15.580 \cdot \cos 60 + 28.700 \cdot \cos 60}{47 + 40 + 15 + 28} = 173 \text{ mm} \quad (16)$$



Obr. 3.7: Rozložení dílčích hmotností a jejich těžišť

Těžiště konstrukce leží 173 mm za středem otáčení stolu. Rám tedy bude moci být umístěn v dostatečné vzdálenosti, tak aby vznikl prostor pro nohy sedící obsluhy. Vzhledem k umístění elektrické skříně s komponenty k jednotkám, o předem neznámých rozměrech, je rám v tomto stádiu jen jako rozměrový návrh. Výška pracovního prostoru obsluhy bude mezi 70 až 75 cm.

3.3 Finanční návratnost

Návrat finančních prostředků bude realizován z ušetřeného výrobního času na kus a tím i nižšími náklady na mzdy zaměstnanců. V nynější době jsou firemní náklady na zaměstnance 1,5 Kč/min. V tabulce 2.1 jsou vidět typy a počty kusů za rok 2008 s časy jednotlivých operací, tak jak jsou prováděny dnes a celkový čas na JUS. Ziskáný čas 33 160 minut vynásobený 1,5 je tedy návratnost okolo 50 000 Kč ročně.

Označení výrobku	Počet ks.	navrtání [s]	vrtání [s]	závitování [s]	čas na JUS [s]	ušetřený čas [min]
M DI5M3*8 A	20500	8		10	10	2733
M DI5M3*10 A	1800	8	17	10	13	660
M DA5M3*12 A	500	8	17	10	13	183
M DI5M3*11 A	1000	8	17	10	13	367
M DI5M3*20 A	23700	8	17	10	13	8690
M DV5M3*25 A	2350	8	17	10	13	862
M DI5M3*30 A	550	8	17	10	13	202
M DI5M3*55 A	1800	8	17	10	13	660
M DI6M3*204	28700		20	15	13	10523
M DA4M2*6 A	5400	8	12	10	10	1800
M DI4M2*8 A	12000	8		10	10	1600
M 152509 A	36600	8		10	10	4880
Součet	134900					33160

Tabulka 2.1

Ceny komponent:	Vrtací jednotka	...70 000 Kč
	Závitovací jednotka	...90 000 Kč
	Výroba dílů	...30 000 Kč
	Elektroinstalace	...10 000 Kč
	<u>Další výdaje</u>	<u>...20 000 Kč</u>
	Celkem	...220 000 Kč

Celková cena 220 000 korun je pouze orientační také vzhledem ke kurzu české koruny vůči jenu. S ohledem na to, že jednotky byly oceněny v období slabého kurzu české měny, nepředpokládá se u této položky nárůst ceny. Výsledná návratnost se pohybuje v rozmezí 4 až 5 let, což odpovídá obvyklé době zaplacení stroje.

4. Závěr

Úvodní teoretická část bakalářské práce pojednává o různých typech, použití a principu indexovacích vačkových otočných stolů. Dále jsou zde rozděleny vrtací a závitovací jednotky dle způsobu pohonu včetně a axiálního posuvu. Při vrtání hlubokých děr je vysvětlena realizace postupného vyprazdňování třísek.

V praktické části jsou stanoveny optimální řezné podmínky a výpočty výkonů jednotek. Následuje konstrukční řešení, které bylo nutno z důvodu dlouhodobé finanční návratnosti navrhnout, tak aby se minimalizovaly počáteční náklady. Z tohoto důvodu bylo ustoupeno od řešení s indexovacím stolem. Čas otočení stolu by byl sice krátký, okolo 1 sekundy oproti nynějšímu manuálnímu otočení (odhad 5 sekund), ale cena by narostla o 100 000 Kč. K tomu by bylo ještě nutno připočítat cenu elektroinstalace a bezpečnostních čidel, které by zastavily rotaci stolu v okamžiku výskytu cizího předmětu v okolí desky stolu, neboť maximální obvodová rychlost při otočení stolu o $120^\circ/\text{s}$ by byla 70 cm/s. V teoretické části byly též zmíněny více-vřetenové hlavy, které by ještě zkrátily výrobní čas na kus. Tato varianta neprošla také z důvodu vysokých nákladů. Ceny se pohybují kolem 40 000 za hlavu. Vrtací a závitovací jednotka je od společnosti Sugino Machina Limited – Praha, o.s., druhá nabídka od distribuční společnosti Rupert Internacionál s.r.o. zastupující firmu Suhner Automation expert je řádově o 50 % dražší.

Zadání bakalářské práce vznikalo v době před ekonomickou krizí. Jednouúčelový stroj měl za cíl zefektivnit výrobu a časově zkrátit operace na dokončovacím pracovišti. Z nynějšího pohledu, kdy je nedostatek zakázek a tím pádem i volných finančních prostředků se realizace bohužel odkládá na dobu, kdy dojde k uklidnění situace na trhu a opětovnému růstu ekonomiky.

Seznam použité literatury

- [1] Katalog CAMCO FERGUSON
Dostupné na WWW: <http://www.camcoindex.com>

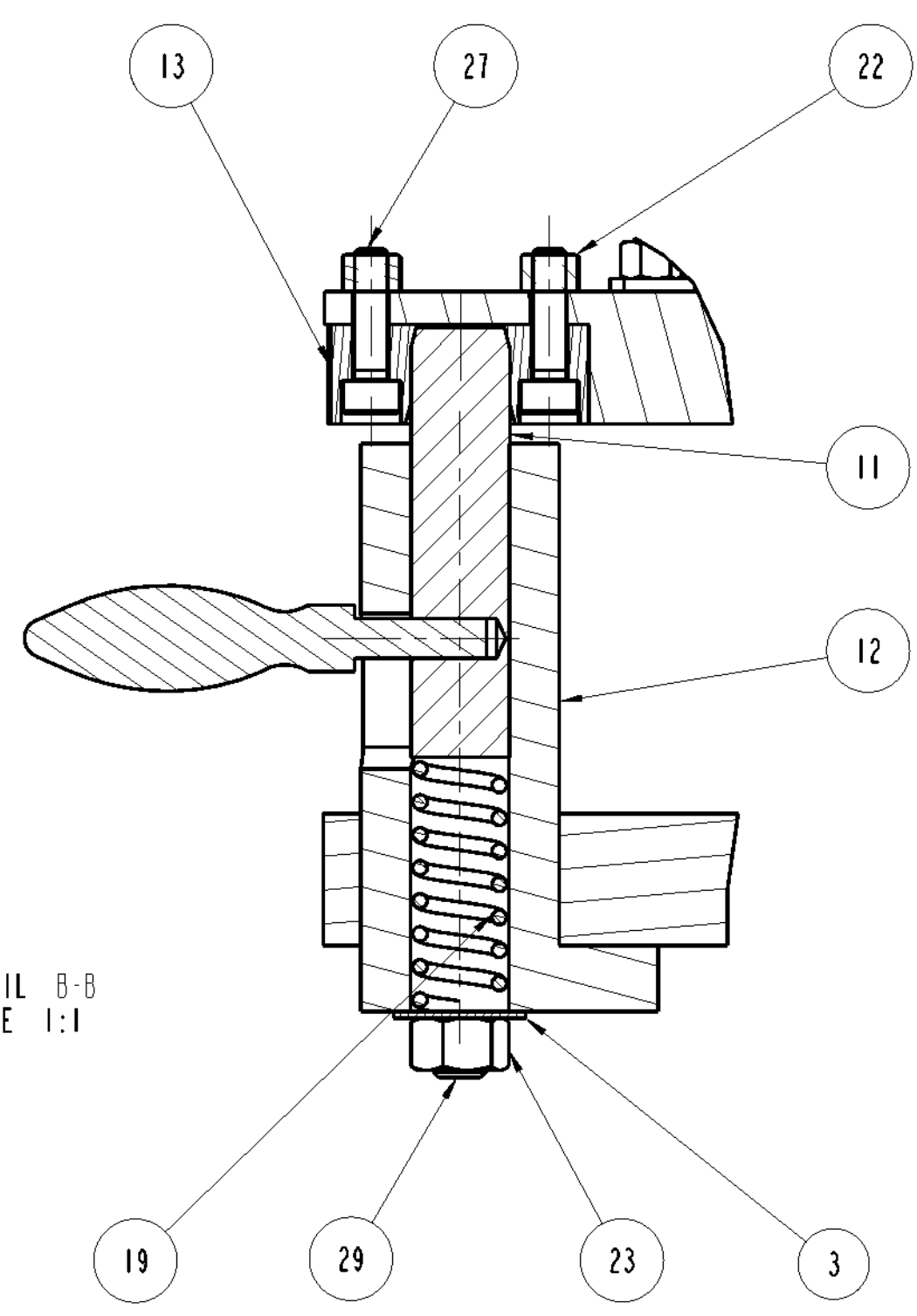
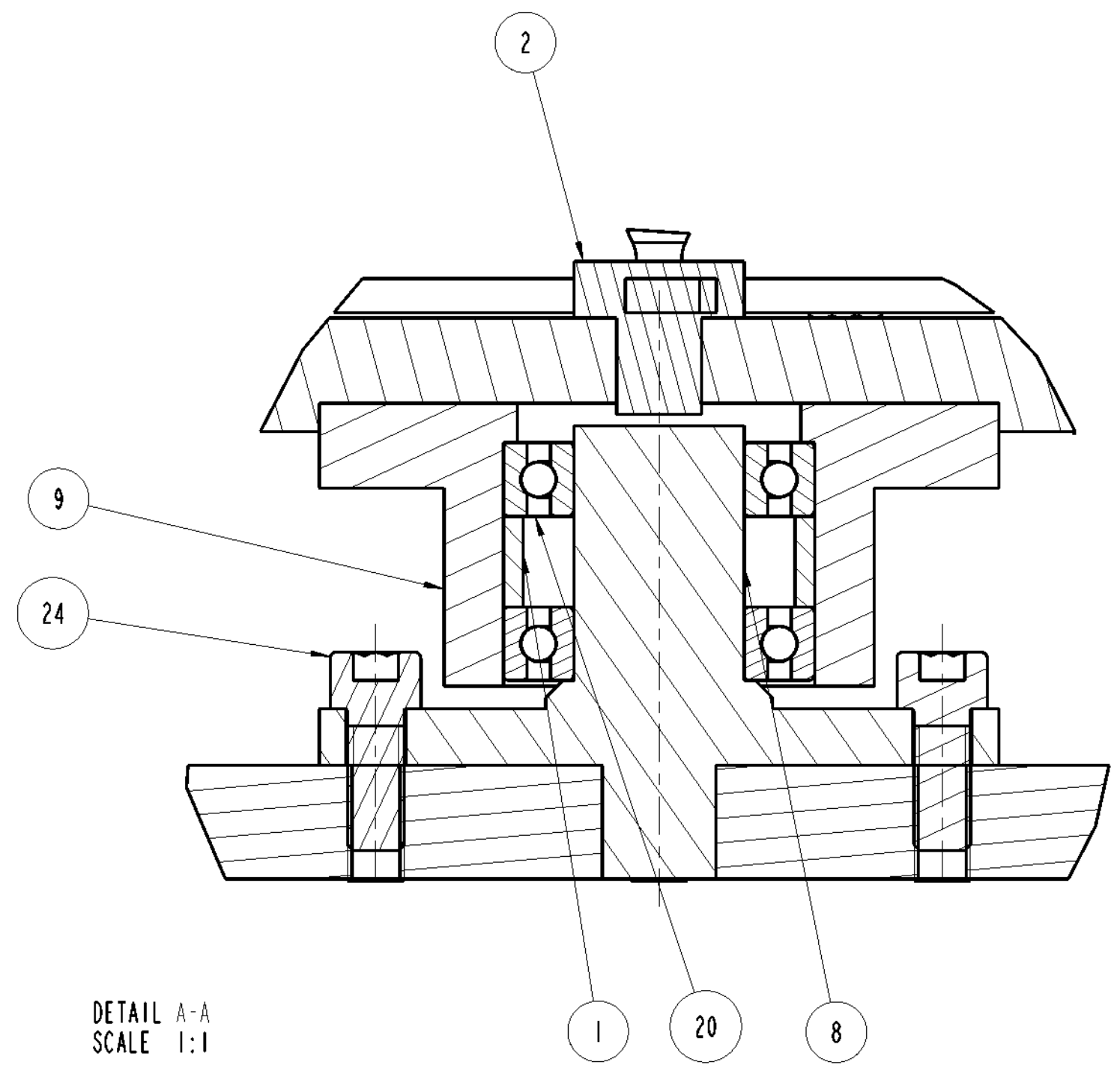
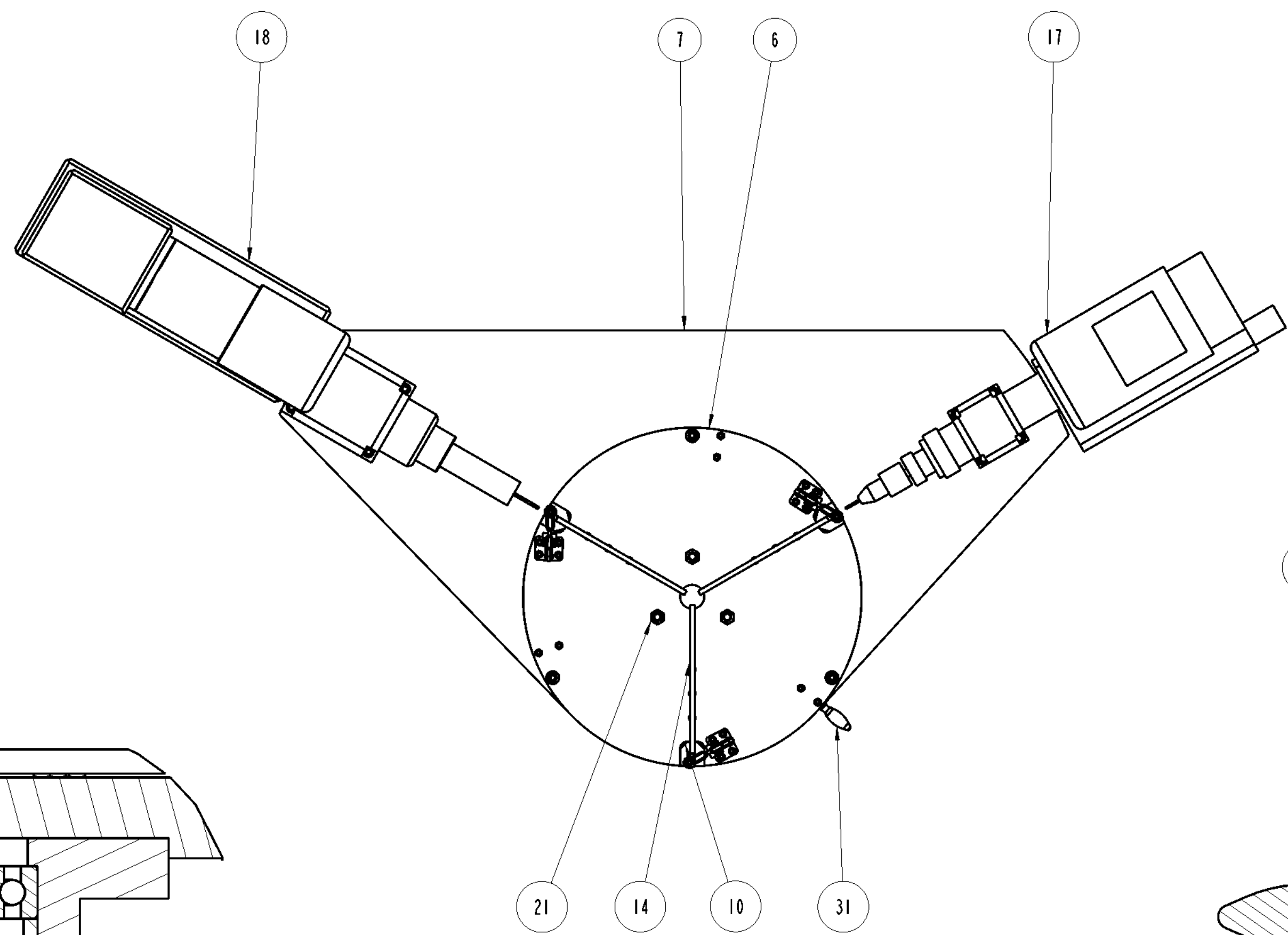
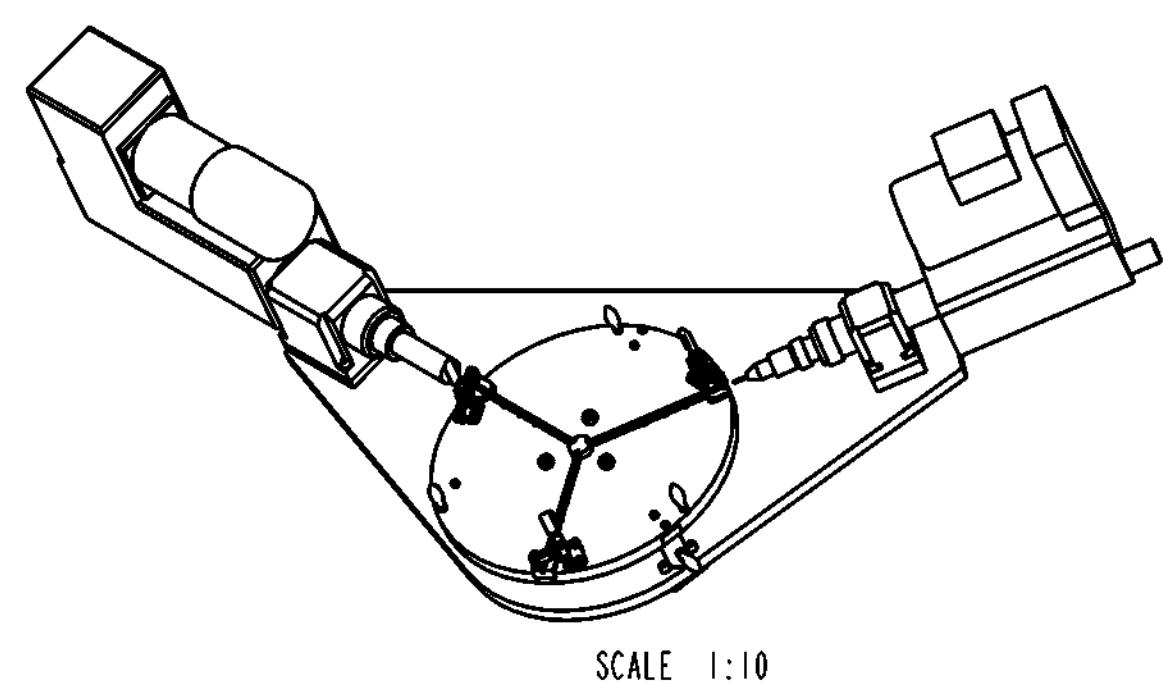
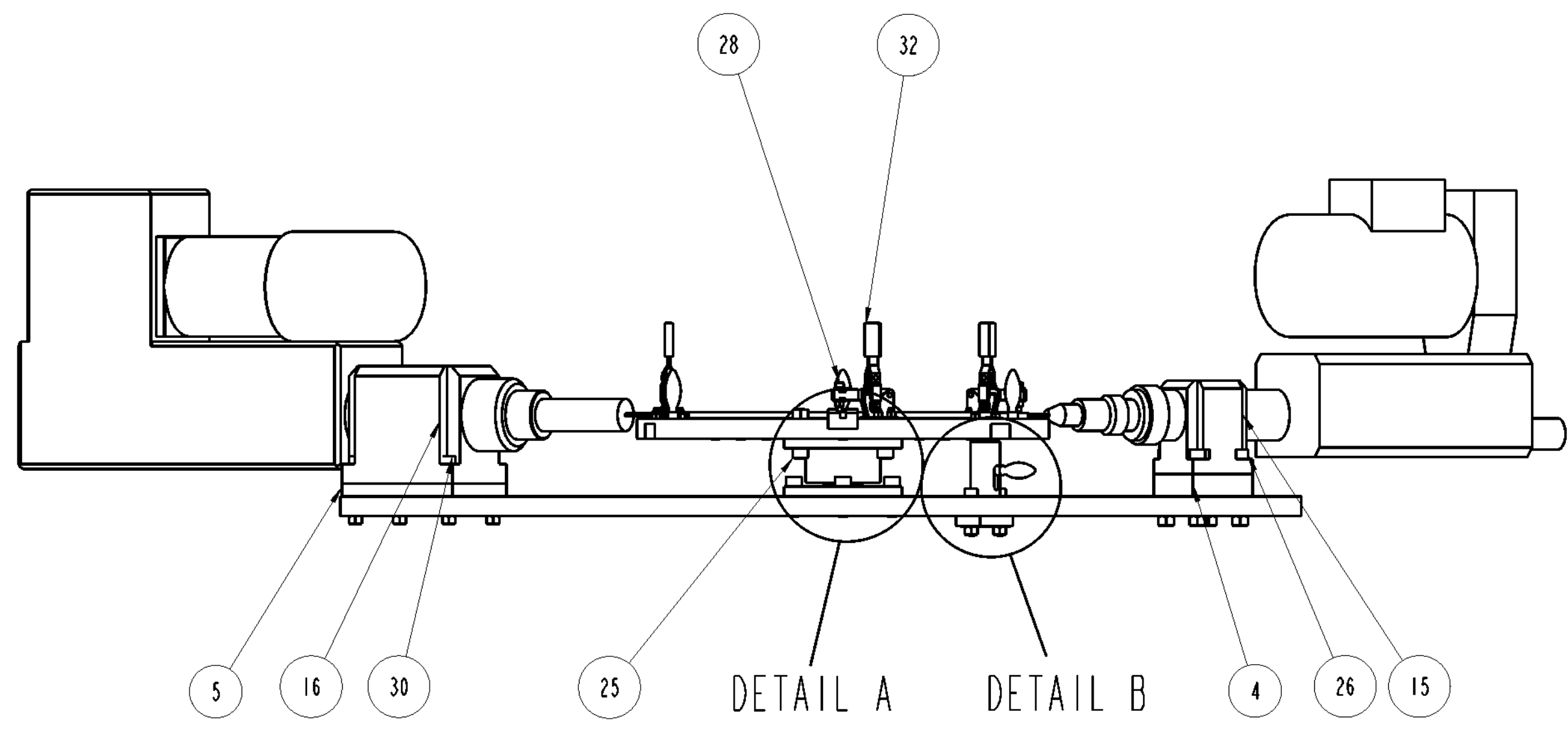
- [2] CYDE H. MOON: Manual for engineers, designers, and draftsmen.
Easton: Penna, 1961

- [3] Katalog SUGINO
Dostupné na WWW: <http://www.sugino.cz>

- [4] Katalog SUHNER
Dostupné na WWW: <http://www.suhner-automation-expert.com>

- [5] Katalog TOTAL TOOLING
Dostupné na WWW: <http://www.wnt.com>

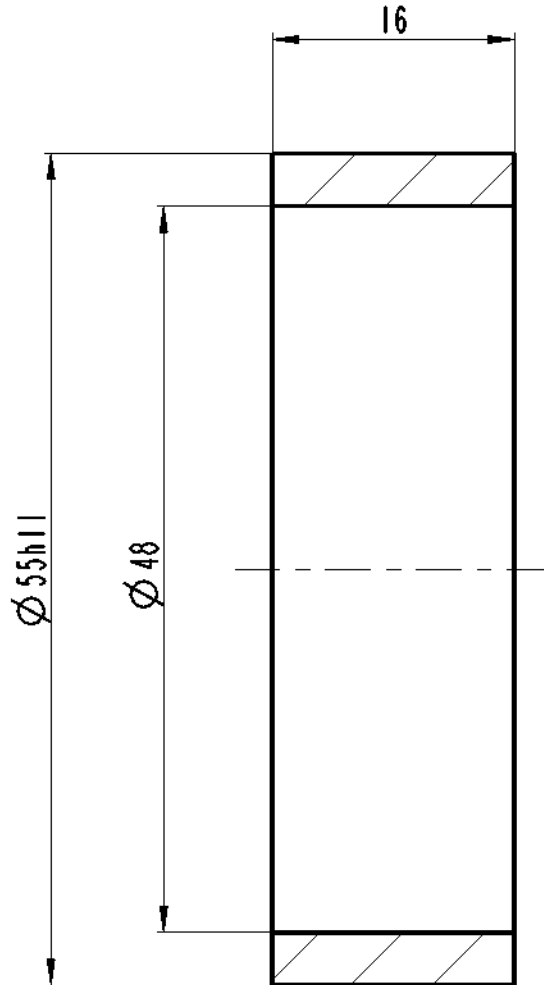
- [6] Katalog ELESAGANTER
Dostupné na WWW: <http://www.elesa-ganter.com>



32	SVERAK			3
				ks.
	MADLO			4
				ks.
31				ks.
30	Sroub M8x60	ISO 4762		4
				ks.
29	Sroub M8x40	ISO 4762		2
				ks.
28	Sroub M5x25	ISO 4762		15
				ks.
27	Sroub M5x20	ISO 4762		6
				ks.
26	Sroub M10x65	ISO 4762		4
				ks.
25	Sroub M10x40	ISO 4762		3
				ks.
24	Sroub M10x25	ISO 4762		4
				ks.
23	Matice M8	ISO 4034		6
				ks.
22	Matice M5	ISO 4034		21
				ks.
21	Matice M10	ISO 4034		7
				ks.
20	Lozisko SKF 6006			2
				ks.
19	PRUZIN	UF 13-50		1
				ks.
18	ZAVIT_JEDNOTKA			1
				ks.
17	VRTACI_JEDNOTKA			1
				ks.
16	DRZAK_ZAVITJE			1
				ks.
15	DRZAK_VRTJ			1
				ks.
14	CTYRHRAN			3
				ks.
13	ZARAZKA			3
				ks.
12	POUZDRO_2	19 312		1
				ks.
11	HRIDEL_2	19 312		1
				ks.
10	CEL IST_6	19 312		3
				ks.
9	POUZDRO_0	12 060		1
				ks.
8	HRIDEL_0	11 523		1
				ks.
7	ZAKLAD_STOLU	11 500		1
				ks.
6	DESKA_STOLU	11 500		1
				ks.
5	PODLOZKA_ZAVJ	11 373		1
				ks.
4	PODLOZKA_VRTJ	11 373		1
				ks.
3	VIKO	11 331		1
				ks.
2	DORAZ	11 109		1
				ks.
1	KROUZEK	11 109		1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

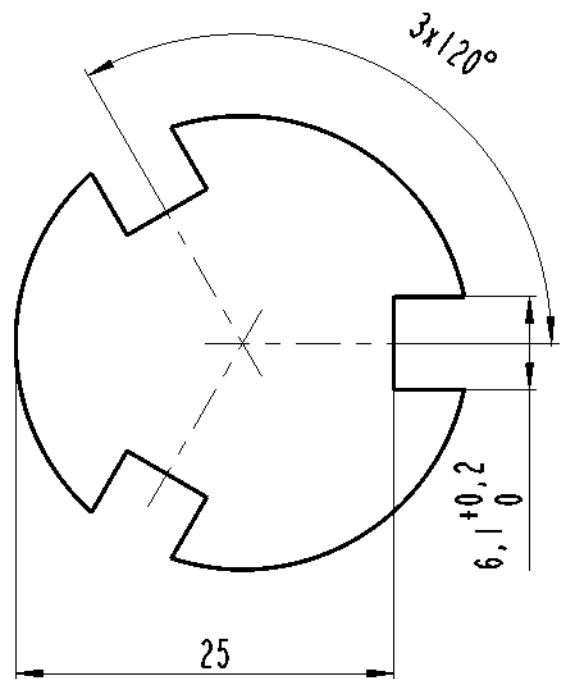
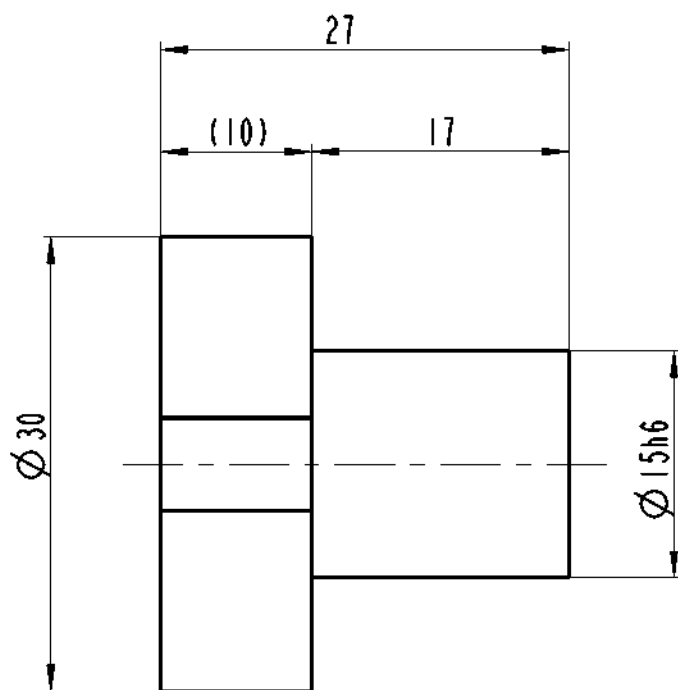
Merkulio		Datum		Index		Podpis		TU v Liberci	
Pozn.		Hladik		Hladik		Hladik		SESTAVA	
C. seznam		Technolog		Technolog		Technolog		BP-09-00	
C. seznam		Normaliz.		Normaliz.		Normaliz.			
Stary vykr.		Schvalil		Schvalil		Schvalil			
Novy vykr.		Datum		28-May-09		28-May-09			

6.3



HRANY SRAZIT 0,5x45°

Rozm.-Polot.						PRESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	II 109	Tr. odp.	003
		b)		C. hm.	kg	Hr. hm.	kg
		a)		TOLEROVANI ISO 8015			
Zmena		Datum	Index	PROMITANI			
Meritko	Pozn.	Nayrhl					
2:1		Kreslil	Hladik				
C. seznamu		Technolog		Název			
C. sestavy	BP-09-00	Normaliz.		KROUZEK			
Stary vykr.		Schvalil		Typ			
Novy vykr.		Datum	02-May-09	Cis. vykresu			
				BP-09-01			
				List			



HRANY SRAZIT $0,5 \times 45^\circ$

Rozm.-Polot.				PRESNOST ISO 2768-mK	
				TOLEROVANI ISO 8015	
				PRIMITANI	
Zmena		Datum	Index	Podpisy	
Meritko	Pozn.	Nayrhl			
2:1		Kreslil	Hladik		
C.seznamu		Prezkousel			
C.sestavy	BP-09-00	Technolog			
Stary vykr.		Normaliz.			
Novy vykr.		Schvalil			
		Datum	24-May-09		
				List	



TU v Liberci

Nazev

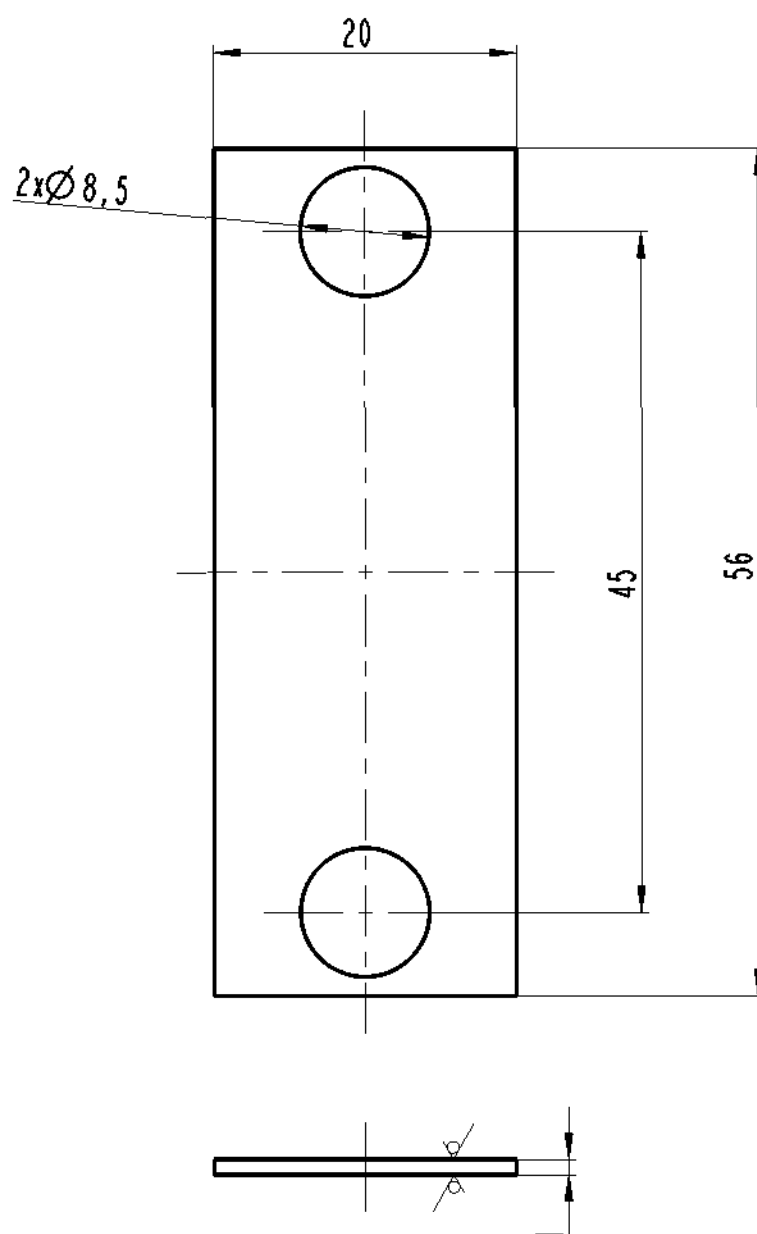
DORAZ

Typ

Cis.vykresu

BP-09-02

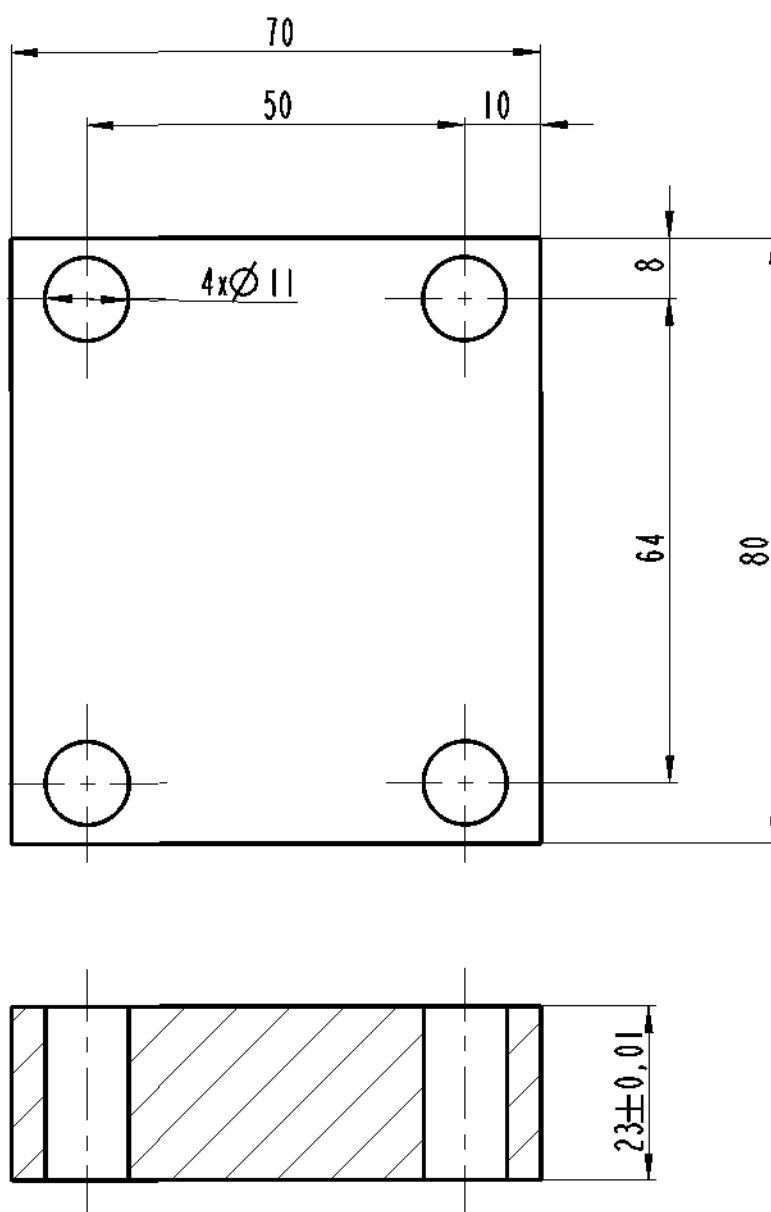
3.2



HRANY SRAZIT 0,2x45°

Rozm. - Polot.				Mater. II 33I		Tr. odp.		PRESNOST ISO 2768-mK	
		c)		C. hm.		kg Hr. hm.		TOLEROVANI ISO 8015	
		b)						PROMITANI	
		a)							
Zmena		Datum		Index		Podpisy		 TU v Liberci Název VIKO Typ Cis. vykresu BP-09-03 List	
Neritko 2:1		Pozn.		Navrh		Kreslil Hladik			
				Kreslil					
				Prezkousel					
				Technolog					
C. seznamu				Normaliz.					
C. sestavy BP-09-00				Schvalil					
Stary vykr.				Datum		24-May-09			
Novy vykr.									

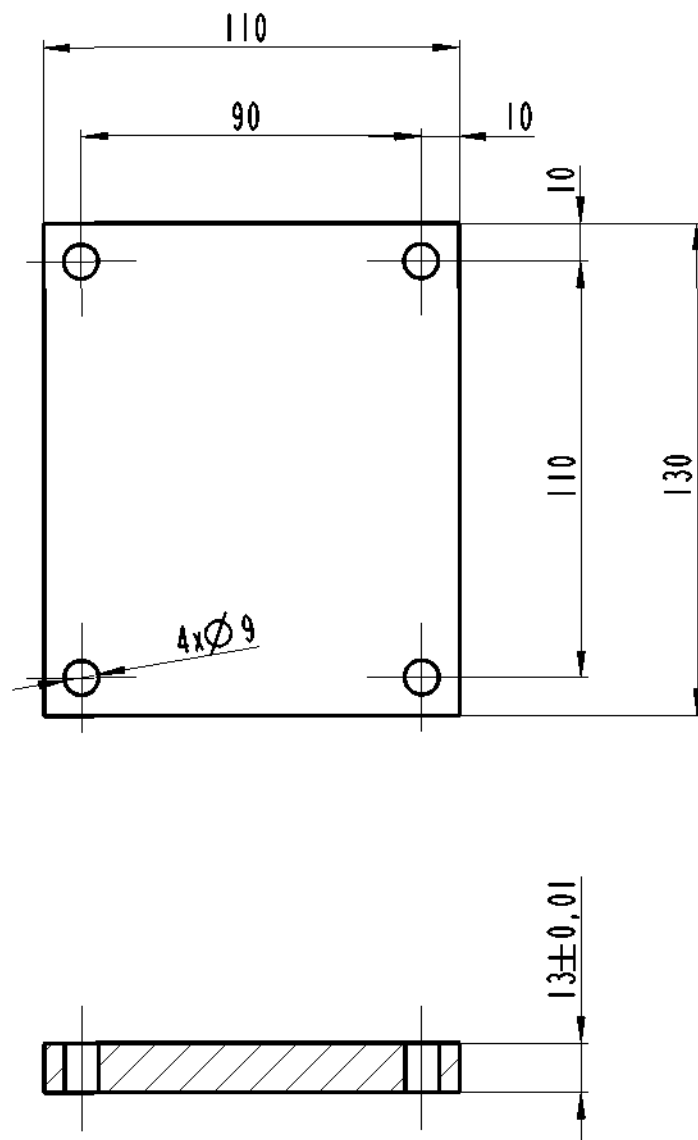
3.2



HRANY SRAZIT 0,5x45°

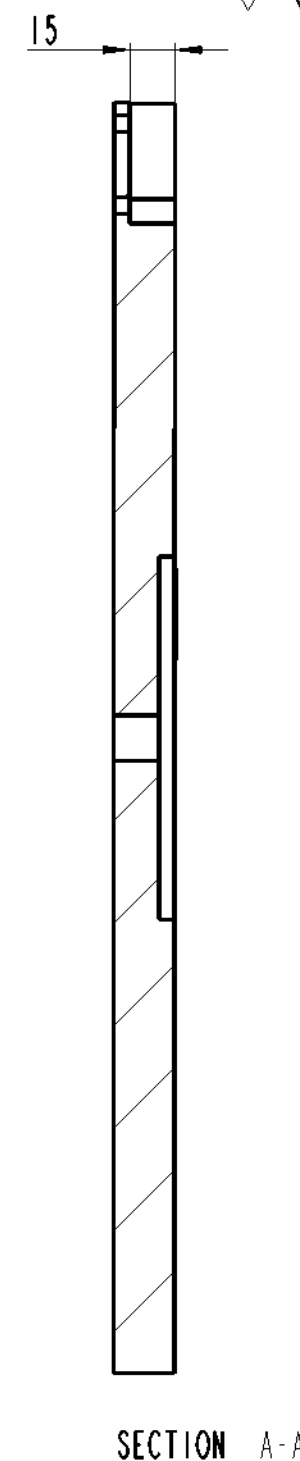
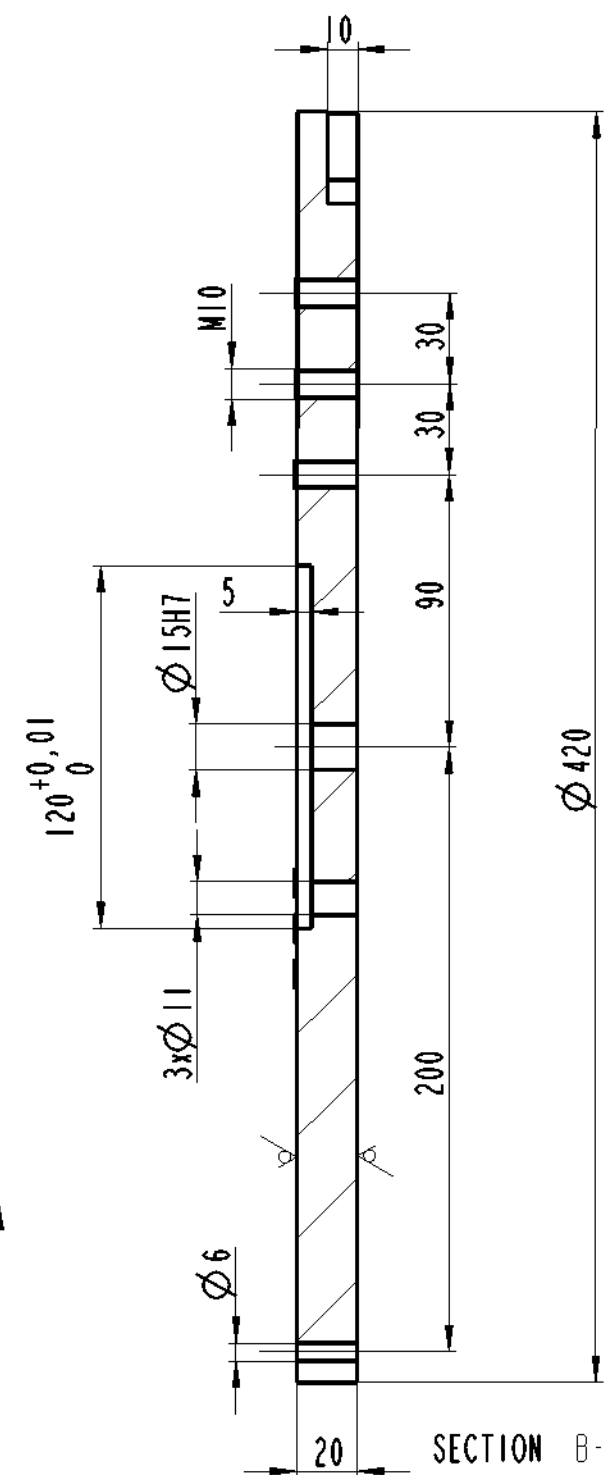
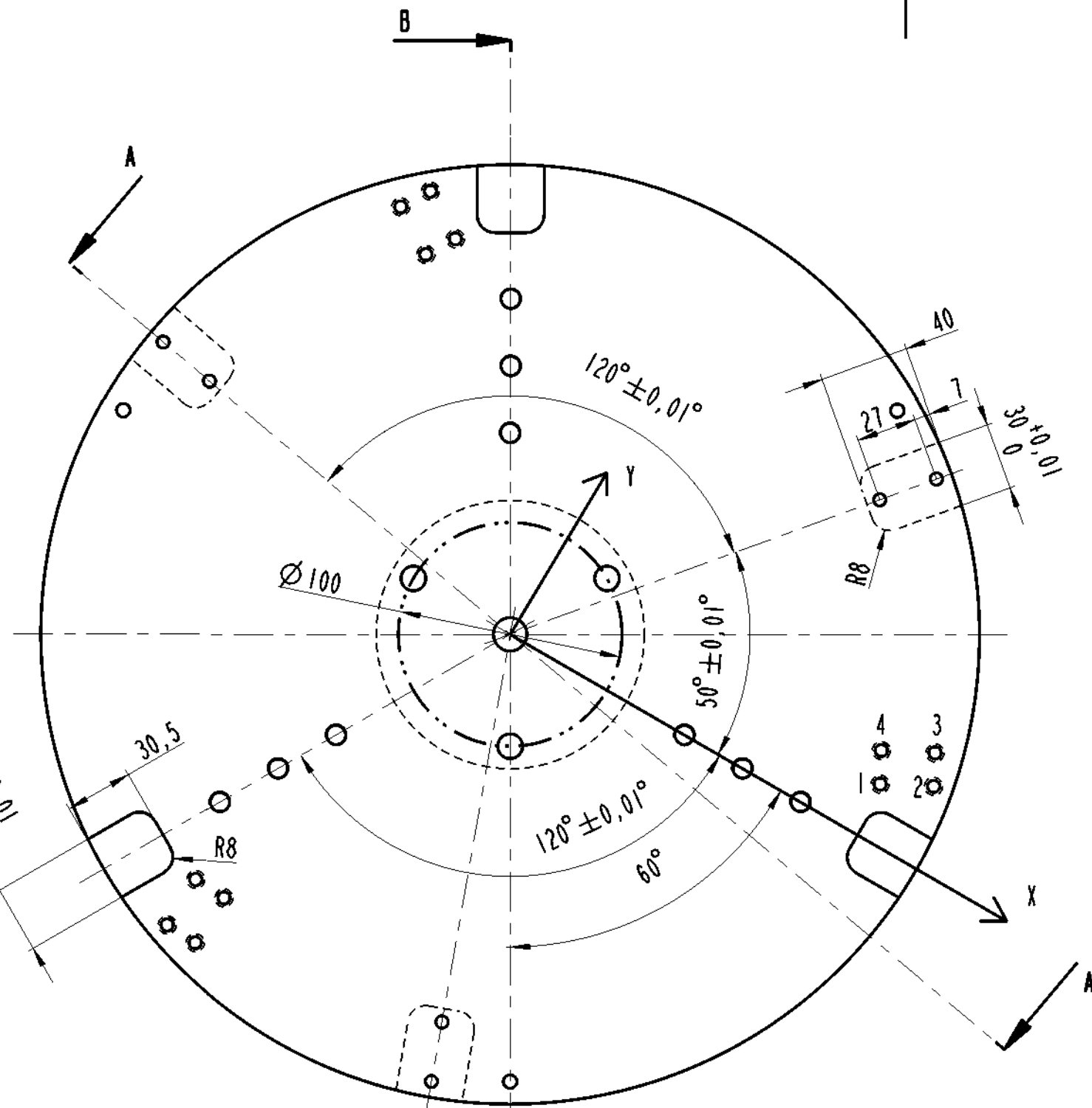
Rozm. - Polot.				PRESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater. II 373	Tr. odp. 001
		b)		C. hm.	kg Hr. hm. kg
		a)		TOLEROVANI ISO 8015	
Zmena		Datum	Index	PROMITANI	
Meritko 1:1	Pozn.	Navrhil	TU v Liberci Nazev PODLOZKA_VRTJ Typ Cis. vykresu BP-09-04		
		Kreslil Hladik			
		Prezkousel			
C. seznamu		Technolog			
C. sestavy	BP-09-00	Normaliz.			
Stary vykr.		Schvalil			
Novy vykr.		Datum	04-May-09		
			List		

3.2



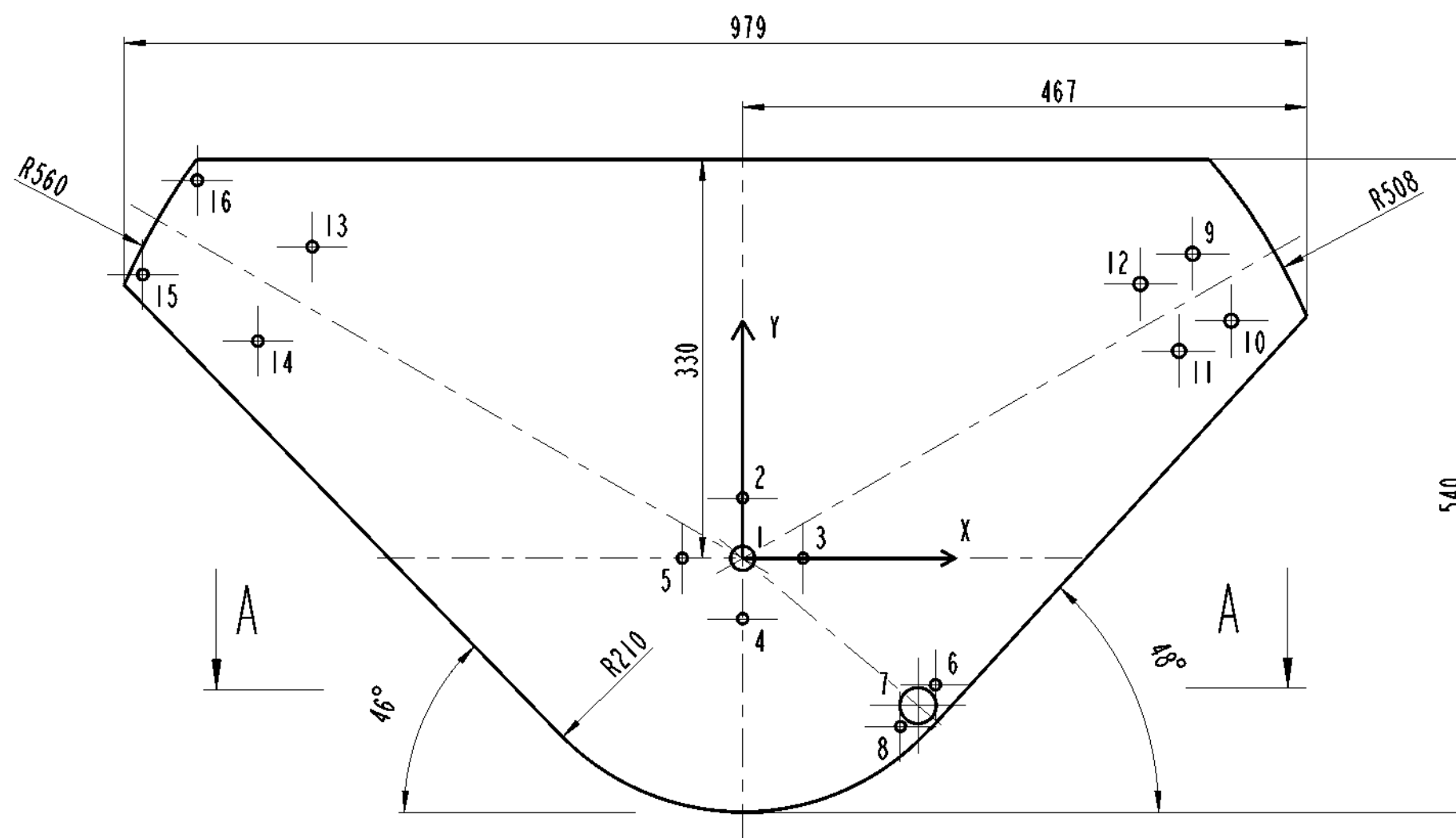
HRANY SRAZIT 0,5x45°

Rozm. - Polot.				PRESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater. II 373	Tr. odp. 001
		b)		C. hm.	kg Hr. hm. kg
		a)		TOLEROVANI ISO 8015	
Zmena		Datum	Index	PROMITANI	
Meritko	Pozn.	Navrh	Podpisy	 TU v Liberci Název PODLOZKA_ZAVJ Typ Cis. vykresu BP-09-05 List	
1:2		Kreslil	Hladik		
C. seznamu		Prezkousel			
C. sestavy	BP-09-00	Technolog			
Stary vykr.		Normaliz.			
Novy vykr.		Schvalil			
		Datum	04-May-09		

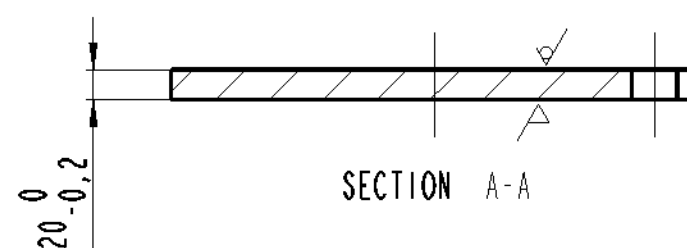


cislo	Ø diry	X	Y
1	5,5	176,82	24,75
2	5,5	198,08	35,89
3	5,5	191,11	49,18
4	5,5	169,86	38,03

Rozm. - Polot.		c)		Mater. II 500		Tr. odp.		PRESNOST ISO 2768-mK	
		b)		C. hm.		kg Hr. hm.		TOLEROVANI ISO 8015	
		a)						PROMITANI	
Zmena		Datum		Index		Podpisy			
Meritko 2:5		Pozn.		Navrhil		Kreslil		Hladik	
C. seznamu				Prezkousel					
C. sestavy BP-09-00				Technolog					
Stary vykr.				Normaliz.					
Novy vykr.				Schvalil					
				Datum		19-May-09		Nover DESKA_STOLU Typ Cis. vykresu BP-09-06	



cislo	Ø diry	X	Y
1	20H7	0,00	0,00
2	M10x1,5	0,00	50,00
3	M10x1,5	50,00	0,00
4	M10x1,5	0,00	-50,00
5	M10x1,5	-50,00	-50,00
6	8,5	159,63	-104,57
7	30H7	145,165	-121,808
8	8,5	130,70	-139,04
9	11	372,60	252,07
10	11	404,60	196,65
11	11	361,30	171,65
12	11	329,30	227,07
13	9	-356,55	257,82
14	9	-401,55	179,88
15	9	-496,82	234,88
16	9	-451,82	312,82

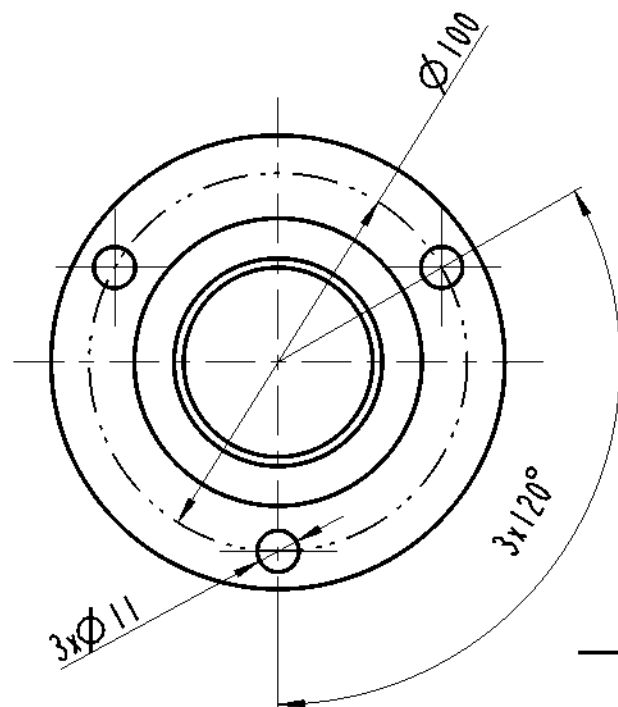
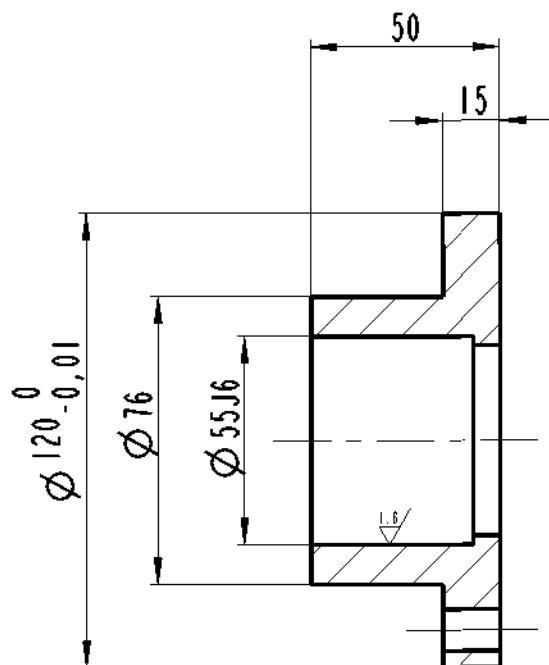


Rozm. - Polot.		c)		Mater. II 500		Tr. odp.		PRESNOST ISO 2768-mK	
		b)		C. hm.		kg Hr. hm.		TOLEROVANI ISO 8015	
		a)						PROMITANI	
Zmena		Datum		Index		Podpisy		TU v Liberci ZAKLAD_STOLU BP-09-07	
Meritko		Pozn.		Navrh		Kreslil Hladik			
C. seznamu				Prezkoušel					
C. sestavy				Technolog					
Stary vykr.				Normaliz.					
Novy vykr.				Datum		13-May-09		Cis. vykresu	



Rozm. - Polot.						PRESNOST		ISO 2768-mK	
		c)		Mater.		II 523		Tr. odp. 002	
		b)		C. hm.		kg		Hr. hm.	
		a)						kg	
Zmena		Datum		Index		Podpisy			
Meritko 1:1		Pozn.		Navrh		Kreslil		Hladik	
						Prezkoušel			
C. seznamu				Technolog		Typ		HRIDEL0	
C. sestavy		BP-09-00		Normaliz.		Cis. vykresu		BP-09-08	
Stary vykr.				Schválil					
Novy vykr.				Datum		02-May-09			

3.2 / (1.6)

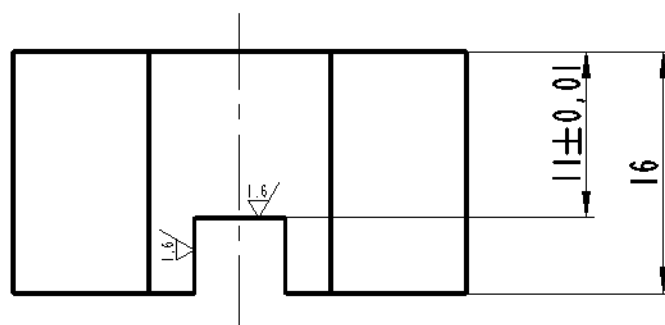
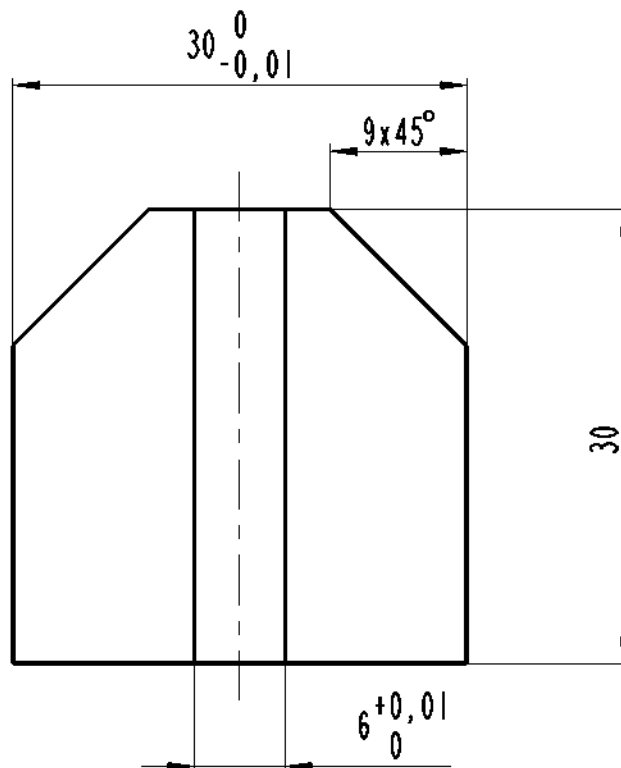


HRANY SRAZIT 0,5x45°

Rozm. - Polot.				PRESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater. II 523	Tr. odp. 002
		b)		C. hm.	kg Hr. hm. kg
		a)		TOLEROVANI ISO 8015	
Zmena		Datum	Index	PROMITANI	
Meritko	Pozn.	Navrhil	TU v Liberci POUZDRO0 BP-09-09		
1:2		Kreslil Hladik			
C. seznamu		Prezkousel			
C. sestavy	BP-09-00	Technolog			
Stary vykr.		Normaliz.	Typ		
Novy vykr.		Schvalil	Cis. vykresu		
		Datum	02-May-09		
			List		

3.2/ (

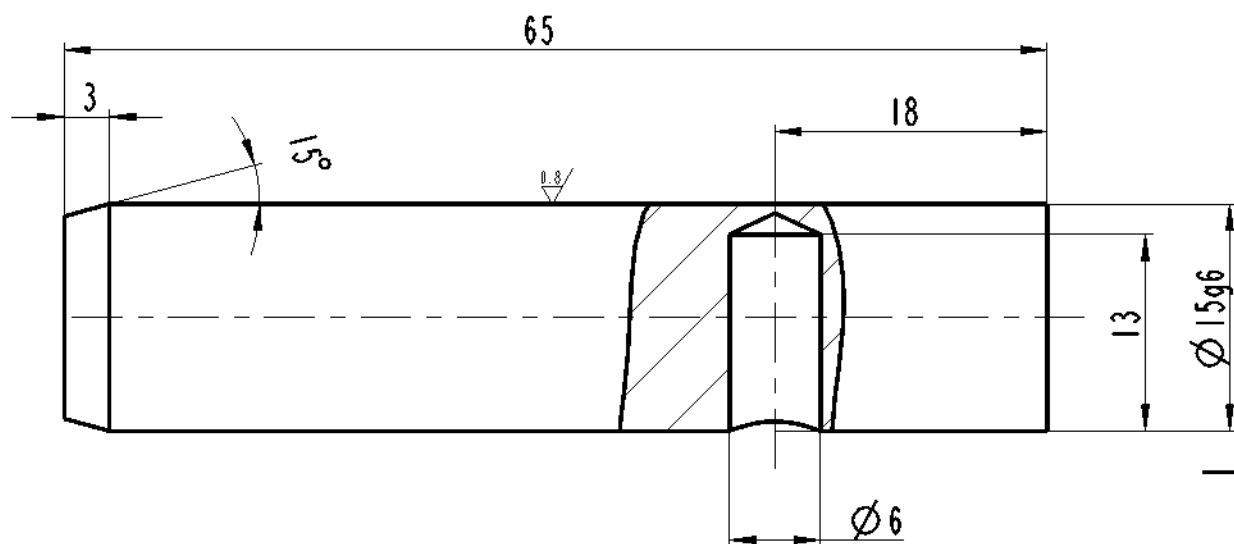
1.6/



ZUSLECHTIT 250 HB

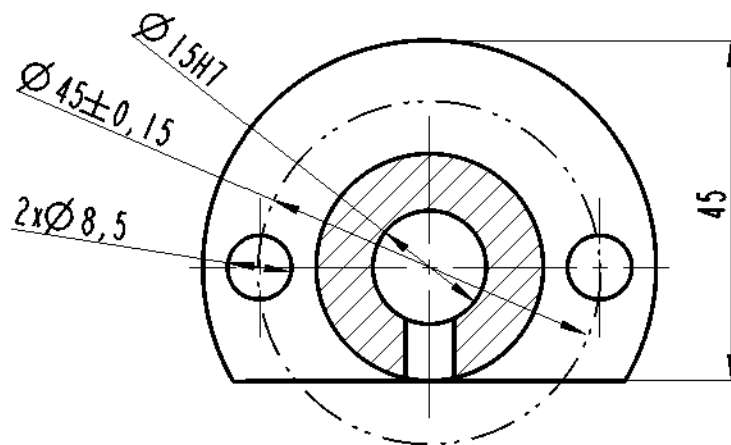
HRANY SRAZIT 0,5x45°

Rozm.-Polot.				PRESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	12 060
		b)		Tr. odp.	002
		a)		C. hm.	kg Hr. hm. kg
Zmena		Datum	Index	PROMITANI	
Meritko	Pozn.	Nayrhl			
2:1		Kreslil	Hladik		
C. seznamu		Prezkousel			
C. sestavy	BP-09-00	Technolog			
Stary vykr.		Normaliz.			
Novy vykr.		Schvalil			
		Datum	15-Apr-09		
				TU v Liberci	
				Nazev	
				CELIST_6	
				Typ	
				Cis. vykresu	
				BP-09-10	
				List	

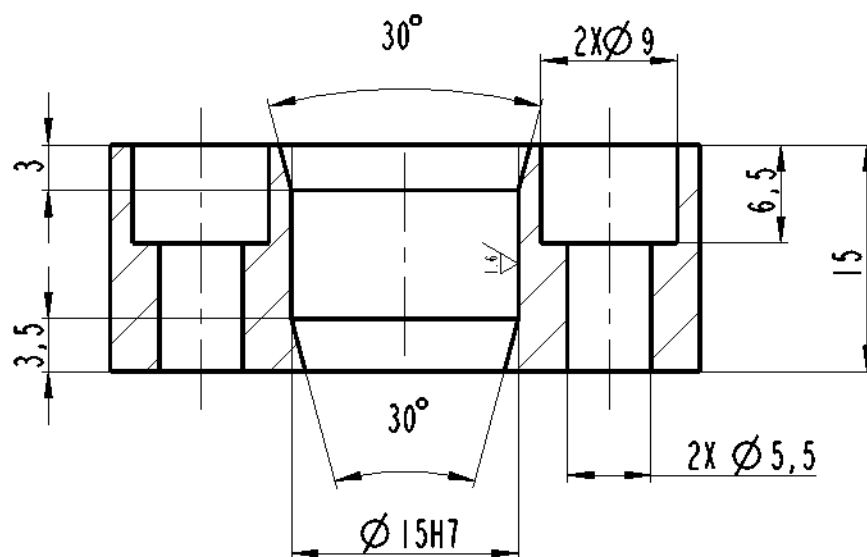


KALIT

Rozm.-Polot.				PRESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Mater. 19 312 Tr. odp. 002	
		b)		C. hm. kg Hr. hm. kg	
		a)		TOLEROVANI ISO 8015	
Zmena		Datum		PROMITANI	
Meritko 2:1		Nayrhl		TU v Liberci	
Pozn.		Kreslil Hladik		Nazev HRIDEL2	
C. seznamu		Prezkousel		Typ	
C. sestavy BP-09-00		Technolog		Cis. vykresu	
Stary vykr.		Normaliz.		BP-09-11	
Novy vykr.		Schvalil		List	
		Datum 02-May-09			



Rozm. - Polot.				PRESNOST		ISO 2768-mK	
		c)		Mater.	19 312	Tr. odp.	002
		b)		C. hm.	kg	Hr. hm.	kg
		a)		TOLEROVANI ISO 8015			
Zmena		Datum		Index		Podpisy	
Meritko	Pozn.	Navrhl		 TU v Liberci			
1:1		Kreslil					
		Prezkoušel		Nazev POUZDRO_2			
C. seznamu		Technolog		Typ BP-09-12			
C. sestavy	BP-09-00	Normaliz.		Cis. vykresu BP-09-12			
Stary vykr.		Schválil					
Novy vykr.		Datum		02-May-09			



HRANY SRAZIT $0,5 \times 45^\circ$

Rozm.-Palot.						PRESNOST ISO 2768-mK	
		c)		Water.		19 312	Tr. odp. 002
		b)		C. hm.		kg	Hr. hm.
		a)				kg	
Zmena		Datum		Index		Podpisy	
Meritko		Pozn.		Navrh			
2:1				Kreslil		Hladik	
				Prezkousel			
C.seznamu				Technolog		Typ	
C.sestavy		BP-09-00		Normaliz.		Cis.vykresu	
Stary vykr.				Schvalil			
Novy vykr.				Datum		04-May-09	
 TU v Liberci							
ZARAZKA							
BP-09-13							