Technologie výroby měděných zálisků

Lenka Navrátilová

Bakalářská práce
2016/2017

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Lenka Navrátilová**
Osobní číslo:	**T130196**
Studijní program:	**B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor:	**Technologická zařízení**
Forma studia:	**kombinovaná**

Téma práce: **Technologie výroby měděných zálisků**

Zásady pro vypracování:

1. **Proveďte literární rešerši týkající se zpracování mědi a jejích slitin**
2. **Navrhněte optimální počet zálisků na jeden výrobní proces z ekonomického a technologického hlediska**
3. **Popište technickou přípravu výroby zálisků – nástroje, frézovací přípravky atd.**
4. **Vypracujte technologický postup výroby zálisků**
5. **Stanovte systém mezikontrol a výstupních kontrol, zpracování a vyhodnocení měřicích protokolů**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího práce

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Oldřich Šuba, CSc.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2017**

Ve Zlíně dne 31. ledna 2017

doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta technologická
L.S.

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: NAVRÁTILOVÁ LENKA Obor: TECHNOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby [1)];
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 [2)];
- beru na vědomí, že podle § 60 [3)] odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 [3)] odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 9.5.2014 .....

[1)] zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

[2)] zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

[3)] zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Úkolem této práce je optimalizace výroby měděných zálisků do plastových komponentů pro elektrorozvody po technologické stránce, včetně technické přípravy výroby a dodržení všech parametrů výrobku dle zadání zákazníka a technické dokumentace.

Klíčová slova: obrábění, CNC frézování, měď, měření, technologický postup

ABSTRACT

The task of this work is to optimize the production of copper inserts plastic components for switchboard after the technology, including technical preparation and observance of all the parameters above-ucts according to customer specifications and technical documentation.

Keywords: machining, CNC milling, copper, measurement, technological process

Ráda bych v těchto řádcích vyjádřila dík mistrovi kovoobrobny panu Janu Kleinovi ze společnosti SUM Odry za pomoc, rady, technickou podporu a zasvěcení do výroby dílů třískovým obráběním, a také děkuji mému vedoucímu práce panu doc.Ing.Oldřichu Šubovi za vstřícný přístup a rady při tvorbě mé bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD **10**
I TEORETICKÁ ČÁST **11**
1 OBRÁBĚNÍ **12**
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY OBRÁBĚNÍ 12
1.2 OBRÁBĚCÍ METODY 12
1.3 OBRÁBĚCÍ NÁSTROJ A JEHO GEOMETRIE 13
1.4 FRÉZOVÁNÍ 13
1.4.1 Druhy frézování 13
1.4.2 Řezné podmínky 14
1.4.3 Frézovací nástroje - frézy 15
1.4.4 Frézovací stroje – frézky 15
1.4.5 Upínání nástrojů a obrobků 16
1.5 OBRÁBĚNÍ POMOCÍ CNC STROJŮ 16
1.5.1 Číslicově řízené výrobní stroje 16
1.5.2 Prvky CNC strojů 17
1.5.3 Řezné nástroje pro CNC stroje 18
1.5.4 Povlakování nástrojů 19
1.5.5 Výhody a nevýhody aplikace CNC techniky 19
2 MĚĎ A JEJÍ ZPRACOVÁNÍ **20**
2.1 VLASTNOSTI MĚDI 20
2.2 POUŽITÍ MĚDI 20
2.3 ZPRACOVÁNÍ MĚDI 20
2.3.1 Galvanické cínování mědi 21
3 VÝROBNÍ PROCES **22**
3.1 ROZDĚLENÍ VÝROBNÍHO PROCESU 22
Ve vztahu k výrobku členíme výrobní proces na: 22
3.1.1 Technická příprava výroby 22
3.1.2 Konstrukční příprava výroby 22
3.1.3 Technologická příprava výroby 23
3.2 VÝROBNÍ POSTUP 23
3.2.1 Metodika výrobního postupu 23
3.2.2 Podklady pro výrobní postupy 24
3.2.3 Členění výrobního postupu 24
3.2.4 Stanovení počtu a pořadí operací 25
3.2.5 Volba polotovarů 26
4 STROJIRENSKÁ METROLOGIE **27**
4.1 ZÁKLADNÍ POJMY METROLOGIE 27
4.1.1 Metody měření 27
4.1.2 Měřící přístroje a měřidla 28
4.1.3 Měřidla délky a jejich rozdělení 28
4.2 METROLOGICKÉ ZABEZPEČENÍ VÝROBNÍHO PROCESU 29
4.2.1 Kontrolní technologie 29
II PRAKTICKÁ ČÁST **31**

5 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE 32
6 VÝVOJ ZÁKAZKY 33
6.1 VÝROBEK 33
6.2 EKONOMICKÁ A TECHNOLOGICKÁ ANALÝZA PLÁNOVANÉ VÝROBY 34
6.2.1 Výrobní dávka 34
6.2.2 Plánovaný odpad materiálu z výrobní dávky 35
6.2.3 Časový plán výrobní dávky 36
6.2.4 Ekonomické zhodnocení plánu výrobní dávky 37
6.3 VÝROBNÍ PROCES 38
6.3.1 Přípravky na obrábění 38
6.3.2 Výrobní nástroje 38
6.3.3 Stroje potřebné k výrobě 40
6.3.4 Program CAM pro obrábění 41
6.3.5 Technologický postup výroby 43
6.3.6 Kontroly a mezikontroly pro dodržení požadované kvality výrobku 54
7 VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR 57
7.1 ZHODNOCENÍ VÝROBNÍHO PROCESU DLE SKUTEČNOSTI 57
7.1.1 Výrobní časy dle skutečnosti 57
7.1.2 Naměřené hodnoty – měřící protokoly 58
7.1.3 Kalkulace celkových nákladů dle skutečnosti 65
ZÁVĚR 66
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 67
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 68
SEZNAM OBRÁZKŮ 70
SEZNAM TABULEK 71
SEZNAM PŘÍLOH 72

ÚVOD

Technologie je vědní obor, v jehož názvu je obsaženo řecké slovní spojení - techné = dovednost a logos = nauka, zabývající se výrobními procesy, kterými účinkem mechanické, chemické a tepelné energie mění suroviny na polotovary a hotové výrobky.

Je to jedna z nejmladších odborných disciplín, protože její začátky spadají teprve do konce 19. století. Její vývoj je úzce spjat s vývojem poznání vědy a techniky.

Kvalita aplikované technologie zásadním způsobem ovlivňuje nejen užitné vlastnosti hotového výrobku, ale i ekonomiku výrobku. Podobně je tomu i u strojírenské technologie, ve které jsou zahrnuty výrobní metody, rozdílné svou podstatou i účelem.

Jedna z nich je obrábění, která umožňuje dát výrobku přesný tvar, rozměr a jakost povrchu, při nichž se z povrchu součásti odděluje tříska. Patří sem klasické metody, např. soustružení, frézování, broušení, vrtání. Dále jsou do obrábění zahrnuty nové metody, při kterých dochází k odběru materiálu z povrchu dílce např. elektrickým výbojem, elektrochemicky, pomocí paprsků o vysoké koncentraci energie.

V současné době jde strojírenský průmysl technologicky rychle dopředu a obrábění zůstane ve výrobě základní technologickým procesem. Nejvíce se zohledňuje především ekonomické hledisko výroby, z čehož vyplývá automatizace pracovišť a dobrá logistika celého provozu. Výsledkem pak je velká přesnost, kvalita a rychlost výroby.

.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OBRÁBĚNÍ

1.1 Základní pojmy obrábění

Obrábění je technologický proces, kdy odebíráním částic materiálu pomocí mechanických, elektrických, chemických, případně jejich kombinováním vytváříme povrch obrobku určitého tvaru, rozměrů a jakosti. Je realizováno v soustavě obrábění SNOP - obráběcí stroj (S), řezný nástroj (N), obrobek (O), přípravek (P).

Obrobek představuje objekt obráběcího procesu a je to obráběná nebo již obrobená součást či dílec. Z geometrického hlediska je obrobek charakterizován rozměry a tvary jednotlivých ploch.

Přídavek je vrstva materiálu mezi obráběnou a obrobenou plochou obrobku, kterou je potřeba odstranit obráběním.

Odebíraná vrstva je část přídavku přikloněná k ploše řezu, která je odřezávaná jedním břitem ve formě třísky.

Tříska je odříznutá a deformovaná odebíraná vrstva materiálu obrobku.

Řezání je obrábění, při kterém dochází k odebírání částic materiálu ve tvaru třísky břitem (ostřím, řeznou hranou) řezného nástroje.

1.2 Obráběcí metody

Klasifikace metod obrábění využívá různé charakteristiky, jako je vzájemný kontakt nástroje s obrobkem, kombinace variant pohybů stroje, nástroje a obrobku. Podle charakteru práce máme ruční a strojní metody obrábění. Mezi ruční metody obrábění patří pilování, řezání, zaškrabávání, atd. a strojní metody obrábění se podle charakteristických znaků a metody obrábění dělí na:

- obrábění nástroji s definovanou geometrií (soustružení, frézování, vrtání, vystružování, zahlubování, vyvrtávání, obrážení, hoblování, protahování, atd.),
- obrábění nástroji s nedefinovanou geometrií (dokončovací metody - broušení, honování, lapování, superfinišování, atd.),
- nekonvenční metody obrábění (elektroerozivní obrábění, elektrochemické obrábění, obrábění elektronovým paprskem, obrábění laserovým paprskem, obrábění vodním

paprskem, obrábění ultrazvukem, atd.),

- úpravy obrobených ploch (leštění, válečkování, hlazení, brokování, balotinování, atd.).

1.3 Obráběcí nástroj a jeho geometrie

Obráběcí nástroj zajišťuje realizaci řezného procesu tím, že svou pracovní částí neboli břitem vniká do materiálu obrobku a odděluje z něho postupně částice ve tvaru třísky.

Geometrie řezného nástroje má značný vliv na velikost síly řezání a její rozložení do jednotlivých složek, na utváření a odvod třísky, drsnost, přesnost a kvalitu výsledné obrobené plochy, trvanlivost břitu a hospodárnost obráběcího procesu.[5]

1.4 Frézování

Frézování je jedním z nejpoužívanějších způsobů strojního třískového obrábění. Frézováním je možno obrábět jednoduché rovinné plochy, různé složité nepravidelné tvary i rotační plochy. Běžně se frézují osazené plochy pravoúhlé a šikmé, tvarové plochy, drážky různých typů. Lze frézovat ozubená kola a hřebeny, závity, mohou se vrtat otvory v přesných roztečích, souřadnicích nebo na roztečné kružnici. Pomocí přídavných zařízení lze rozdělit obvod obrobku na stejné i nestejné rozteče, frézovat nekruhové profily (vačky), obrážet drážky (řemenice, ozubená kola), brousit otvory v nerotačních obrobcích.

Při frézování koná hlavní (rotační) pohyb nástroj = fréza, pevně upnutý obrobek koná vedlejší pohyb (přímočarý posuv)**.** Výsledný řezný pohyb tvoří cykloidu. [3]

1.4.1 Druhy frézování

Z technologického hlediska - podle polohy osy nástroje k obráběné ploše:

Válcové frézování – obvodem nástroje – osa nástroje je rovnoběžná s obráběnou plochou, Při válcovém frézování se využívají válcové a tvarové frézy. Zuby jsou pouze po obvodu nástroje, hloubka řezu se nastavuje v rovině kolmé na osu frézy a na směr posuvu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení nástroje. V závislosti na smyslu otáčení nástroje rozlišujeme sousledné a nesousledné frézování

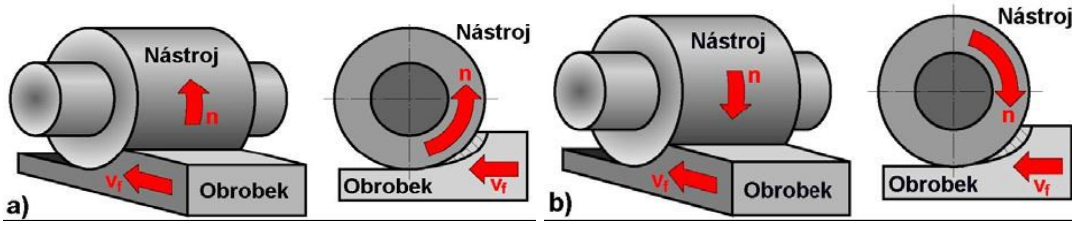
Při nesousledném (nesousměrném) frézování se nástroj pohybuje proti směru posuvu obrobku. Obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku.

Výhody nesousledného frézování je menší opotřebení stroje (šroubu a matice), nevýhodou horší jakost obrobené plochy.

Při sousledném (sousměrném) frézování je smysl rotace nástroje ve směru posuvu obrobku. K tomu, abychom mohli na stroji provádět sousledné frézování, musí být frézka přizpůsobena tak, že se vymezí vůle a předpětí mezi posunovým šroubem a maticí stolu. Pokud není tato podmínka splněna, může dojít k poškození nástroje a dokonce i stroje.

Výhody sousledného frézování je vyšší trvanlivost nástrojů, možnost použití vyšších řezných rychlostí a posuvů, jednodušší upínání, obrobená plocha dosahuje vyšší jakost.

Naopak nevýhodou jsou komplikace při obrábění polotovarů s tvrdým a znečištěným povrchem a vzniká silová zátěž každého zubu při záběru.



Obr. 1 Válcové frézování, a) nesousledné, b) sousledné

Čelní frézování – čelem nástroje – osa nástroje je kolmá na obráběnou plochu, hloubka řezu se nastavuje ve směru osy nástroje. Břity na nástroji jsou umístěny nejen na obvodu frézy, ale i na čele (na ploše kolmé k ose frézy). Podle polohy osy otáčení frézy vzhledem k obráběné ploše existují dvě základní metody:

- symetrické frézování – osa nástroje prochází středem frézované plochy,
- nesymetrické frézování – osa nástroje je mimo střed frézované plochy. [5]

1.4.2 Řezné podmínky

Řezná rychlost v_c – obvodová rychlost nástroje $\mathbf{v_c} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$ [m· min^{-1}]

(D – průměr nástroje [mm], n – otáčky nástroje [min^{-1}])

Posuv na zub f_z – základní jednotka posuvového pohybu. Je to délka dráhy obrobku za dobu záběru zubu. Posuv na otáčku f_n je délka dráhy obrobku za dobu jedné otáčky nástroje. $\mathbf{f_n = f_z \cdot z}$ [mm]

(z – počet zubů - břitů nástroje [-])

Tloušťka třísky h_i - je v libovolné fázi odřezávání vyjádřena vztahem

$$\mathbf{h_i = f(\varphi_i) = f_z \cdot \sin \varphi_i} \text{ [mm]}$$

(φ_i – úhel posuvového pohybu [°])

U čelního frézování se tloušťka třísky mění v závislosti na úhlu posuvového pohybu a má na něj také vliv úhel nastavení hlavního ostří κ_r $\mathbf{h_i = f(\varphi_i) = f_z \cdot \sin \varphi_i \cdot \sin \kappa_r}$ [mm] [5]

1.4.3 Frézovací nástroje - frézy

Frézy jsou několikabřité nástroje, na nichž jsou břity uspořádány na válcové, kuželové nebo jiné tvarové ploše frézy. U čelních fréz jsou i na čelní ploše. Vzhledem k velkému rozsahu technologie se používá velmi mnoho druhů fréz, z nichž většina je normalizovaná. [5]

Frézy lze třídit do jednotlivých skupin z různých hledisek.

- *podle nástrojového materiálu břitu* – frézy z rychlořezné oceli, slinutých karbidů, řezné keramiky kubického nitridu bóru nebo diamantu.
- *podle tvaru zubů* – s frézovanými zuby nebo se zuby podsoustruženými.
- *podle konstrukčního uspořádaní* – celistvé frézy nebo se vkládanými řeznými destičkami z RO nebo ze SK.
- *podle geometrického tvaru* – se dělí frézy na válcové nástrčné nebo se stopkou [6]

1.4.4 Frézovací stroje – frézky

Frézky jsou vyráběny ve velkém počtu modelů, velikostí i výkonů s rozsáhlým příslušenstvím. Lze je rozdělit do 4 skupin na konzolové, stolové, rovinné a speciální. Z hlediska řízení existují ručně ovládané nebo programově řízené.

Velikost frézky určují různé technické parametry:

- šířka upínací plochy stolu,
- velikost kužele ve vřetenu pro upnutí nástroje,
- délka pohybu pracovního stolu nebo vřeteníku,
- rozsah posuvů a otáček vřetene,
- výkon elektromotorů pro otáčení vřetena,
- kvalitní parametry obrobené plochy. [5]

1.4.5 Upínání nástrojů a obrobků

Upínání obrobků - při frézování dochází k záběru několika zubů v jednom okamžiku, což způsobuje velké řezné síly. Z tohoto důvodu je důležité, aby byl obrobek řádně upnut. Při upínání je nezbytné splnění několika podmínek:

- obrobek nesmí být při upnutí deformován,
- upnutí musí být pevné a spolehlivé,
- upínací plocha musí být co nejblíže k vřetenu.

Menší obrobky se obvykle upínají do běžných strojních svěráků, otočných a sklopných svěráků, speciálních svěráků pro upínání válcových součástí atd. Všechny tyto svěráky

mohou mít ovládání ruční, pneumatické nebo hydraulické.

Rozměrnější obrobky se upínají různými upínacími pomůckami, jako jsou upínky, opěrky, podpěrky, atd. Upínací pomůcky se upevňují do T-drážek stolu frézky pomocí speciálních šroubů s čtvercovou hlavou.

Na číslicově řízených frézkách při přesném obrábění slouží k upínání technologické palety, se kterými se obrobek může pohybovat mezi jednotlivými obráběcími stroji. [5]

Upínání nástrojů

Pro upnutí nástrčných fréz na frézkách se používá frézovací trny. Frézovací trn je zakončený upínacím kuželem, který může být buď metrický, nebo Morse kužel.

Metrický a Morse kužel jsou samosvorné a mohou přenést krouticí moment z vřetena na frézovací trn. Krouticí moment z upínacího trnu na frézu se přenáší perem nebo kameny.

Frézy s válcovou stopkou se upínají do sklíčidla s upínací kleštinou.

Frézy s kuželovou stopkou ISO se upínají buď přímo, nebo s redukcí do vřetene frézky. Upnutí je jištěno šroubem. [6]

1.5 Obrábění pomocí CNC strojů

1.5.1 Číslicově řízené výrobní stroje

CNC „Computer Numerical Control‘‘ jsou stroje charakteristické převážně tím, že ovládání pracovních pohybů stroje je prováděno řídicím systémem pomocí vytvořeného progra-

mu. Informace o požadovaných činnostech jsou zapsány v programu pomocí alfanumerických znaků.

Stroje jsou „pružné‘‘, lze je rychle přizpůsobit jiné výrobě tím, že se ve stroji vymění program za druhý nebo se jen upraví stávající, pokud se jedná jen o změnu na výkrese. CNC stroje pracují v automatizovaném cyklu, který je zajištěn číslicovým řízením. Tyto stroje se uplatňují především ve strojírenské oblasti výroby, jako jsou obráběcí, tvářecí, montážní nebo měřící. Jejich typickými představiteli jsou soustruhy a frézky.

Informace, které program obsahuje, lze rozdělit na:

Geometrické – popisují dráhy nástroje v kartézských souřadnicích XYZ, které jsou odvozeny z rozměrů obráběné součásti. Dále příjezdy a odjezdy jednotlivých nástrojů k obrobku nebo od něj.

Technologické – stanovují technologii obrábění z hlediska řezných podmínek - otáčky vřetene a nástrojů, řezná rychlost, posuv, přísuv, hloubka třísky.

Pomocné – informace nebo povely pro stroj pro určité pomocné funkce - zapnutí chlazení, smysl otáčení, zapnutí/vypnutí vřetene, výměna nástroje. [7]

1.5.2 Prvky CNC strojů

Konstrukce číslicově řízených strojů se liší od konvenčního stroje z důvodu hospodárnosti a maximálního využití během pracovního dne. To předpokládá jeho vysokou spolehlivost a životnost, bezporuchovost, zajištění požadované přesnosti tvarů a rozměrů vyráběné součásti, drsnosti povrchu apod.

Lože a rámy strojů

Lože a rámy tvoří základní nosnou část každého číslicového stroje. Vyrábějí se z šedé litiny nebo z konstrukční oceli. Výhodou šedé litiny je vysoká schopnost tlumit chvění.

Rám je nejčastěji skříňovitý a vyztužený žebry. Rámy z konstrukční oceli bývají svařované nebo montované pomocí šroubových spojení. Lože bývají vodorovná, ale z důvodu menší zastavěné plochy se často volí lože šikmé nebo svislé. Tímto se docílí i vyšší tuhosti a lepšího odvodu třísek.

Pohony CNC strojů

Pohony číslicově řízených strojů musí splňovat mnoho náročných parametrů. Mezi nejdůležitější parametry patří vysoká přesnost, dokonalá tuhost, vysoké výstupní krouticí mo-

menty a vysoké otáčky. Z hlediska funkce a použití je rozdělujeme na hlavní a vedlejší pohony.

Hlavní pohony - tyto pohony slouží k uskutečnění hlavního řezného pohybu. Musí umožňovat nastavení takového počtu otáček, který odpovídá optimální řezné rychlosti s dostatečnou přesností a bez ohledu na zátěž.

Vedlejší pohony – pohony posuvů a pohony všeobecného pohybu a použití, pod které lze zařadit automatickou výměnu nástrojů a obrobků, pohon pro otáčení revolverové hlavy, pohon dopravníku třísek atd.

Řídicí a odměřovací systém

Řídící systém zpracovává, geometrické, technologické a pomocné informace.

Odměřovací zařízení zajišťuje okamžitou polohu stolu nebo suportu.

Systémy automatické výměny nástrojů

Mají za úkol u číslicově řízených obráběcích strojů během automatického pracovního cyklu vyměnit, upnout a správně nastavit potřebný nástroj do výchozí pracovní polohy.

Další systémy – systémy automatické výměny obrobků, zařízení pro odvod třísek. [8]

1.5.3 Řezné nástroje pro CNC stroje

Vývoj řezných materiálů stále pokračuje, je ovlivněn moderní technologií obrábění, novými konstrukcemi obráběcích strojů a nástrojů. Základní podmínkou dobré a spolehlivé práce každého nástroje a uskutečnění požadované technologické operace je správný výběr řezného materiálu. Nástrojový materiál vybíráme především podle jeho odolnosti proti předpokládanému namáhání. Na řezné materiály jsou kladeny především tyto požadavky – tvrdost, pevnost v ohybu, odolnost otěru za tepla a dostatečnou houževnatost – souhrnně *řezivost.*

Používané nástrojové materiály – nástrojové oceli, slinuté karbidy, keramické řezné materiály, cermety, polykrystalický kubický nitrid bóru, polykrystalický diamant, coronit.

Pro CNC obráběcí stroje a obráběcí centra se v současné době nejčastěji používá nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami ze slinutých karbidů, včetně destiček povlakovaných. Vysoká kvalita a stabilita parametrů nástrojů pro CNC obráběcí stroje se dosahuje volbou vhodného materiálu řezné části nástroje, volbou optimální geometrie a řezných podmínek, výrobou a údržbou těchto nástrojů.

Při volbě nástroje je nutno respektovat složitost tvaru obrobku, obrobitelnost jeho materiálu, druh operace obrábění, výkon a tuhost obráběcího stroje, požadované parametry obrobeného povrchu – drsnost povrchu, rozměrovou a tvarovou přesnost, náklady na obrábění.

1.5.4 Povlakování nástrojů

V současné době většina výrobců slinuté karbidy povlakuje. Hlavním cílem povlaků je získání tvrdého povrchu při zachování houževnatého jádra, snížení součinitele tření, neulpívání třísek na čele a prodloužení životnosti nástroje. Výsledkem jsou lepší materiály pro vysoké řezné a posuvové rychlosti, vysoký úběr třísky a přerušovaný řez.

Aplikují se povlaky karbidu titanu, nitridu titanu, oxidu hlinitého a karbonitridu titanu. Povlaky mohou být jednovrstvé i vícevrstvé, s jedním nebo více komponenty. [8]

1.5.5 Výhody a nevýhody aplikace CNC techniky

Výhody CNC strojů

- Výroba produktivnější a hospodárnější.
- Vyšší přesnost a kvalita s minimální zmetkovitostí i u složitějších tvarů.
- Výrobní program lze snadno a rychle měnit, stroj je snadno přizpůsobitelný množství kusů.
- Obsluha nemusí být soustředěna, může současně obsluhovat i více strojů.
- Umožňují výrobu součástí, jejichž tvar je určen složitějšími matematickými funkcemi.
- Výrobní čas je přesně stanoven programem, není závislý na prostojích obsluhy.
- Používá se dokonalé nářadí, což se projeví ve zvýšení přesnosti a produktivity.

Nevýhody CNC strojů

- Vysoká pořizovací cena nových CNC strojů obzvlášť víceosých a vícevřetenových.
- Vyšší požadavky na kvalifikaci pracovníků zajišťujících seřizování a servis.
- Zvyšující se požadavky na kvalifikaci obsluhy CNC strojů.
- Složitější technická příprava výroby.
- Ekologická likvidace provozních kapalin strojů. [8]

2 MĚĎ A JEJÍ ZPRACOVÁNÍ

Ryzí měď se v přírodě nachází vzácně a vyskytuje se převážně ve sloučeninách. Nejčastěji ji nacházíme ve formě sulfidů, mezi něž patří například chalkosin nebo chalkopyrit. Dalšími významnými minerály jsou kuprit, zelený malachit a jemu chemicky podobný modrý azurit. Mezi největší světové producenty mědi patří především Chile, Peru a USA v Novém Mexiku a Utahu. Významná ložiska měděných rud se dále nalézají v Zairu, Zambii, Kanadě, Kazachstánu a Polsku. [2]

2.1 Vlastnosti mědi

Měď má šestinásobně větší tepelnou a elektrickou vodivost než ocel, měď je měkká ale houževnatá, obrobitelnost je špatná, protože se měď maže. Má dobrou odolnost proti korozi – na povrchu se vytvoří souvislý povlak oxidu měďného, který pak chrání kov před další korozí. Je odolná proti slané vodě i slabším kyselinám. [4]

Měď jako zástupce těžkých neželezných kovů je hned po hliníku nejvýznamnější neželezný kov načervenalé barvy s hustotou 8,94 g/cm^3 a teplotou tání 1083°C. Krystalická struktura mědi je kubická plošně centrovaná, díky čemuž je měď tvárná. [2]

2.2 Použití mědi

Měď se pro svoji vynikající vodivost používá hodně v elektrotechnickém průmyslu pro výrobu vodičů, kontaktů a dalších součástí. V tepelné a chladírenské technice pro potrubní vytápěcí a chladírenské systémy. Můžeme ji s úspěchem používat i na ochranu železných kovů před korozí jako měděné galvanické povlaky. [4]

Pro praktické aplikace často používají její slitiny. [2]

2.3 Zpracování mědi

Měď se vyrábí obvykle redukcí rud. Nejprve se musí ruda drtit a následně mele malé kousky, aby bylo možno oddělit hlušinu od částí, kde je ruda. Tento rudný koncentrát se pak praží za přístupu vzduchu, aby se odstranila síra, které je poměrně velké množství. Síra pražením vyhoří a vzniklý koncentrát se pražením zároveň spéká - vypražený koncentrát. Vypražený koncentrát se dále zpracovává v šachtových pecích (podobných pecím vysokým) nebo pecích plamenných. Zde vznikají dvě taveniny. Struska, která je tvořena hlušinou s oxidy a tzv. kamínek, což je tavenina tvořená sulfidy. Struska se od kamínku odloučí

a vypouští se podobně, jako při výrobě železa ve vysoké peci. Následuje zpracování kamínku oxidací v tzv. konvertorech na černou měď. Ta už obsahuje 99% mědi, která je však křehká vlivem příměsí. Poslední úpravou je proto hutnická nebo elektrolytická rafinace mědi. Při ní se měď vyčistí na čistotu cca 99,95%.

Rozdělení mědi:

- měď tvářená

- měď slévárenská – využívá se hlavně pro výrobu slitin

Měď, jakož i většina slitin mědi se nemůže tepelně zpracovávat vytvrzováním, protože se u těchto materiálů neobjevuje změna rozpustnosti v tuhém stavu. Pro slitiny mědi je nejdůležitějším tepelným zpracováním žíhání k odstranění vnitřního pnutí a rekrystalizační žíhání po tváření za studena. [4]

2.3.1 Galvanické cínování mědi

Dobrá odolnost cínu proti korozi vede k tomu, že je především používán k povrchové ochraně kovů a k výrobě slitin – slitin mědi, pájek a slitin cínu. Nejdůležitější složka ložiskových slitin, elektrolytické pocínování ocelových pásů.

Druhy cínování – v roztavené lázni a galvanické

V roztavené lázní se pro silnější plechy používá dodnes – ponoření do cínové lázně chráněné vrstvou tavidla a vynořují se přes vrstvu palmového oleje a procházejí mezi válci, které vymezují tloušťku povlaku.

Galvanické pocínování – používá se k tomuto účelu kyselé lázně obsahující síran cínatý $SnSO_4$ ve vodném roztoku kyseliny sírové a kyseliny sulfokresolové a další přísady. Druhá varianta je lázeň s chloridem cínatým a kyselinou fluorovodíkovou.[1]

3 VÝROBNÍ PROCES

Výrobní proces strojírenského podniku je souhrn pracovních, technologických a přírodních procesů, jejichž účelem je měnit tvar, složení, jakost a spojení surovin a materiálů za účelem získání užitné hodnoty – *strojírenského výrobku.*

3.1 Rozdělení výrobního procesu

Ve vztahu k výrobku členíme výrobní proces na:

Hlavní výrobní proces - který tvoří souhrn hlavních technologických činností, které mění tvar, složení, jakost surovin a materiálu, které jsou určeny k expedici

Pomocný výrobní proces - výroba nástrojů, přípravků, zápustek, apod.

Vedlejší (obslužný) výrobní proces - zajišťuje všechny druhy energií (elektrická, tepelná, tlaková), manipulace s materiálem, skladování, expedice, apod.

Ve vztahu k časovému průběhu dělíme výrobní proces na etapy:

Předvýrobní – zahrnuje vývoj, projekce, konstrukce, technologická příprava výroby včetně zabezpečení materiálu, nástrojů, měřidel, přípravků, výrobních zařízení, atd., až po okamžik zahájení vlastní výroby.

Výrobní – zahrnuje zahájení vlastní výroby až po převzetí výrobku útvarem řízení jakosti a předáním na sklad.

Povýrobní – zahrnuje skladování výrobku, konzervaci, balení, expedici, uvedení výrobku do provozu u uživatele. [9]

3.1.1 Technická příprava výroby

TPV je souhrn činností a opatření technicko–organizačního charakteru, zaměřených na zpracování konstrukční technologické, projektové dokumentace a materiálně technického vybavení výrobního procesu. Celá oblast technické přípravy výroby musí být výsledkem systematické spolupráce konstruktéra a technologa.

3.1.2 Konstrukční příprava výroby

Je zaměřena na konstruování nových výrobků nebo modernizaci stávajících výrobků. Snahou je, dosáhnout funkčně co nejdokonalejší a provozně co nejhospodárnější, konstrukčně jednoduchý a vzhledově co nejideálnější výrobek. Náklady na výrobu daného výrobku jsou

již rozhodující měrou ovlivněny při jeho konstrukci. Konstrukce také podstatně ovlivní výsledky práce technologie a projekce.

3.1.3 Technologická příprava výroby

Jedná se o zpracování výrobní dokumentace a podkladů pro zajištění racionální výroby z hlediska navrhované technologie výroby, manipulace, kontroly, organizace a ekonomiky práce. Zahrnuje zpracování výrobních a montážních postupů, optimalizačních úloh technologického charakteru – nástřihové plány, řezné podmínky, mezioperační přídavky, zpracování operačních technologií a řídících programů pro NC stroje, výpočet normy času, spotřeby materiálu atd. [9]

3.2 Výrobní postup

3.2.1 Metodika výrobního postupu

Předpis účelného pořadí a počtu jednotlivých operací, které mají být vykonány na pracovním předmětu v časové posloupnosti nazýváme **výrobní postup.** Výrobní postup se skládá z technologické části, která obsahuje pouze nutný sled technologie pro míněné změny na pracovním předmětu, což je **technologický postup** a části, která obsahuje činnost pracovníka, což nazýváme **pracovní postup.** Přeměna výchozího polotovaru v hotový výrobek probíhá ve **výrobním procesu.**

Výrobním postupem musíme zabezpečit předepsanou jakost výrobku, nejkratší průběžnou dobu výroby a nejnižší výrobní náklady na zhotovení výrobku.

Pro zpracování výrobního postupu je nutné řešit:

- stanovení **optimálních** rozměrů, tvaru a hmotnosti materiálu pro výrobu polotovarů.
- určení sledu, druhu a počtu operací **nezbytných** pro výrobu.
- navržení **technicky** vhodného a **ekonomicky** účelného výrobního zařízení.
- určení **vhodné** technologické základny, **vhodného** ustavení a **účelného** upnutí obrobku v dané operaci.
- rozvržení celkového přídavku na jednotlivé operace a stanovení mezioperačních rozměrů a tolerancí.
- návrh **nejvhodnějšího** nářadí (nástrojů, měřidel, přípravků, pomůcek).

- stanovení **optimálních** řezných podmínek včetně prostředí.
- Předepsání normy času a výše mzdy.
- Vypracování technologické dokumentace

3.2.2 Podklady pro výrobní postupy

Při navrhování výrobních postupů je potřeba celá řada informací, které jsou čerpány z následujících podkladů :

Konstrukční dokumentace - výrobní výkresy součástí, výkresy sestav a podsestav, konstrukční kusovníky, výkresy polotovarů, technické přejímací podmínky.

Plánovací dokumentace - výrobní program, plán výroby.

Normativní dokumentace - katalogy strojů, nářadí a pomůcek, strojní karty, pasporty strojů, normativy řezných podmínek, časů, spotřeby materiálu, technicko hospodářské normy, tarifně kvalifikační katalog, třídník strojů a zařízení v kovoprůmyslu, atd.

Organizační údaje - kooperační vztahy, údaje o organizaci dílny, cechu, závodu, podniku, apod. [9]

3.2.3 Členění výrobního postupu

Výrobní postup členíme podle použité technologie nebo pracovní činnosti na jednotlivé operace.

Operací rozumíme část výrobního postupu, která se vykonává zpravidla jedním nebo několika pracovníky na jednom technologickém nebo pracovním místě, na jedné nebo několika součástech současně a nepřetržitě.

Operace se dále člení na.

Ustavení je část operace prováděná na jedno upnutí obrobku při jedné poloze obrobku vůči nástroji.

Úsek je část operace prováděná na jedné ploše nebo skupině ploch obrobku, jedním nebo skupinou nástrojů za stejných pracovních podmínek.

Záběr je část úseku, zpravidla se při něm odebírá část celkového přídavku.

Úkon je část úseku netechnologického charakteru, je však nezbytný k tomu, aby proběhl proces řezání.

Pohyb je elementární část úkonu, používaná pro podrobnou analýzu výrobního procesu. Používá se především v hromadné a velkosériové výrobě. V kusové a malosériové výrobě se výrobní postup dělí na operace, pouze u velmi složitých výrobků a náročných operací na úkony. Propracování výrobních postupů je závislé na tvaru, složitosti výrobku nebo montážního celku, sériovosti a opakovatelnosti výroby, možném stupni mechanizace a automatizace výrobního procesu.

3.2.4 Stanovení počtu a pořadí operací

Je dáno:

- počtem a druhem obráběných ploch.
- požadavkem, tvarové, rozměrové přesnosti a drsnosti obráběných ploch.
- sériovostí a opakovatelností výroby.
- jakostí obráběného materiálu a druhem polotovaru.

Při obrábění je možno sled operací ve výrobním postupu určovat podle objemu odebíraného materiálu a přesnosti obráběných ploch.

Dle těchto pravidel můžeme rozdělit operace na :

- obrábění na hrubo – odstraňování přebytečného materiálu, narušené vrstvy, atd.
- obrábění na čisto - zabezpečení tvaru, přesnosti, polohy ploch obráběných rozměrů.
- obrábění dokončovací – zabezpečení požadované drsnosti povrchu, určitého fyzikálního stavu na mezní vrstvě obráběné plochy.

Popis práce v operaci musí být jednoznačný, technicky stručný a příkazový, musí být srozumitelný a zcela vystihovat obsah předepsané práce v operaci.

Mimo popisu nebo operačního náčrtu musí návodka operace obsahovat - název a označení výrobního zařízení, třídící číslo pracoviště, nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky, prostředí, technologické podmínky, jednotkový čas strojní, počet upnutých kusů atd.

V sériové a hromadné výrobě a u složitých součástí je popis v operaci doplněn operačním náčrtem s operačními rozměry a vyznačením obráběných ploch.

3.2.5 Volba polotovarů

Polotovar je výchozí surovina, která je vhodně připravena pro výrobu dané součásti. Při výběru polotovaru hledíme především na ekonomické hledisko. Polotovar se má tvarem a rozměry co nejvíce přiblížit hotové součásti. Při hodnocení polotovaru musí jeho provedení splňovat následující podmínky – optimální přídavky na obrábění, minimální spotřeba materiálu a minimální vynaložená práce na výrobu. [9]

4 STROJIRENSKÁ METROLOGIE

Strojírenská metrologie se zabývá stanovováním hodnot veličin důležitých pro sledování a zajištění kontroly kvality výrobků ve všech fázích výrobního procesu. Vzhledem k charakteru strojírenské výroby zde výrazně převažuje měření délek a rovinných úhlů. [5]

4.1 Základní pojmy metrologie

Měření - číselné zkoumání vlastností předmětů, obvykle porovnávaných s přijatou jednotkou. Výsledkem měření je tedy číslo, udávající poměr zkoumané veličiny k jednotce. Princip měření je založen na fyzikálním jevu nebo jevech. Při měření je vždy zapotřebí dodržovat jistý postup, což je sled úkonů nutných k provedení měření. [12]

4.1.1 Metody měření

Dle fyzikálního principu - mechanické, elektrické, elektromagnetické, optické, akustické, časové.

Dle zajišťování měřené veličiny:

- přímé – měření hodnoty je založeno na definici měřené veličiny.
- nepřímé – hodnota sledované veličiny je zjišťována nepřímo - výpočtem, grafem, tabulkou.
- absolutní – měřením je zajišťována prostá hodnota v příslušných jednotkách bez znalosti hodnoty v některém speciálním případě (např. v určitém místě, čase).
- relativní – měřením je zjišťována pouze změna měřené veličiny oproti zvolené referenční hodnotě.
- kontaktní – měřící zařízení je v přímém kontaktu s měřeným produktem.
- bezkontaktní – měřící zařízení není v kontaktu s měřeným produktem.
- komparační – hodnota měřené veličiny je porovnávána s řadou různých výsledků hodnot téhož druhu a hledá se ta hodnota, která se co nejméně liší od naměřené hodnoty.
- kompenzační – tato metoda se může použít pouze tam, kde hodnoty mohou nabývat jak kladné, tak i záporné hodnoty.
- omezovací – metoda vhodná pro měření periodických dějů. [12]

4.1.2 Měřící přístroje a měřidla

Rozdělení podle vstupního signálu:

Analogový přístroj - měřená veličina je sledována plynule a průběh dat je téměř totožný jako průběh měřené veličiny.

Digitální přístroj - ke tvorbě výstupního signálu je použito stejně velkých jednotek – digitů, na jaké se dá měřená veličina rozdělit. Údaj přístroje vzniká po krocích (digitech) přetržitě, tj. od nuly až po hodnotu odpovídající hodnotě měřené veličiny v okamžiku měření.

Rozdělení z hlediska podnikové metrologie:

Etalony – zhmotněná míra - etalony slouží ke kalibraci pracovních měřidel. Základním etalonem je hlavní etalon (popř. hlavní podnikový etalon), na který se vztahuje povinná kalibrační lhůta.

Stanovená měřidla - stanovená měřidla jsou měřidla, která jsou stanovena vyhláškou. Ve vyhlášce jsou kromě druhů stanovených měřidel stanoveny i termíny jejich ověření. Tato měřidla jsou ověřovány orgány státní metrologie.

Pracovní měřidla - pracovní měřidla, podléhající pravidelné kalibraci dle vyhlášky č. 69/1991 Sb. Měřidla, která při používání mají vliv na jakost a kvalitu výroby, na ochranu životního prostředí a na bezpečnost práce. Nasazení pracovních měřidel v průmyslovém reprodukčním procesu je však takové povahy, že ne vždy se vyžaduje periodická kalibrace. Kalibrace měřidel v průmyslové praxi je činnost náročná jak finančně, tak i časově. Proto je nutné posuzovat, jestli je vhodné rekalibrace provádět, nebo jestli je možno s ohledem na nižší požadavky měřidla od této kalibrace ustoupit.

Orientační měřidla - jde o skupinu měřidel, která nemají bezprostřední význam pro řízení výrobních procesů a neovlivňují finální jakost výrobku nebo jeho částí, bezpečnost nebo životní prostředí. Ve strojírenském podniku to mohou být jednoduchá měřidla - pravítka, teploměry. Pro zařazení měřidel mezi orientační měřidla nerozhoduje druh měřidel, ale účel jeho použití. I když tato měřidla nepodléhají kalibraci, kontrolují se funkce měřidla z hlediska mechanické funkčnosti.

4.1.3 Měřidla délky a jejich rozdělení

Většina, téměř 70 % všeho měření ve strojírenství, představuje měření délky. Obecně se dají rozdělit na - koncové měrky, pevná měřidla, posuvná měřidla a mikrometrická měři-

dla, měřící stroje s převodem, měřící stroje optické, měřící stroje dálkové (dálkoměry), mikroskopy, měřidla na měření malých děr, měřidla na měření velkých rozměrů, vícerozměrová měřidla, měřící a kontrolní automaty. [12]

4.2 Metrologické zabezpečení výrobního procesu

Na vlastní kontrole kvality výroby se podílejí zejména dvě profesní skupiny zaměstnanců:

- výrobní dělníci v rámci sebekontroly
- pracovníci útvaru technické kontroly (dále jen TK)

Výrobní dělník odpovídá za kvalitu své práce. Proto musí mít dostatek kontrolních prostředků i odborných znalostí, jak přezkoušet dodržení kvalitativních parametrů na veškeré produkci, kterou vyrobí.

U následné sekundární kontroly, prováděné útvarem TK, je třeba zvážit, které výrobní operace bude kromě výrobních dělníků kontrolovat navíc TK.

Volba měřící metody

Volba měřicí metody, vhodného měřidla a stanovení podmínek okolního prostředí vychází z požadavků uvedených ve výrobní dokumentaci. Konstruktér při předepisování důležitých parametrů, jejich mezních úchylek a tolerancí dává prvý impulz k tomu, jakým způsobem budou součásti vyráběny a kontrolovány, resp. měřeny a vyhodnocovány. [10]

4.2.1 Kontrolní technologie

V rámci kontrolní technologie se rozpracovávají kontrolní a měřicí postupy. Důležitým úkolem kontrolní technologie by mělo být i vymezení působnosti při kontrole kvality mezi výrobní dělníky a pracovníky TK, jakož i zpracování vhodného písemného postupu pro kontrolní operaci prováděnou pracovníkem TK nebo dělníkem v rámci sebekontroly a sladění kontrolních operací s předchozími výrobními operacemi. [10]

Kontrolní dokumentace

Kontrolní část operace, kterou v rámci v rámci sebekontroly provádí výrobní dělník, je obvykle rozepsána ve výrobním postupu, pro technickou (sekundární) kontrolu se zpracovávají speciální kontrolní postupy.

Je samozřejmé, že jak při sebekontrole, tak i sekundární kontrole by měly příslušné kontrolní úkony, resp. kontrolní operace navazovat na výrobní operace. Ten, kdo kontrolní

postupy zpracovává, musí brát při jejich rozpracovávání v úvahu význam dané operace pro celkovou jakost finálního výrobku i ohled na slabá místa výrobního postupu, resp. na možnost vzniku vad a neshod v průběhu výrobního procesu, např. při obrábění. Z toho tedy vyplývá, že zpracovávání kontrolních postupů a v širším měřítku i tvorba kontrolní technologie by měly spadat do působnosti technické přípravy výroby, resp. útvaru výrobní technologie. [11]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Praktická část se zabývá kompletním průběhem výrobní zakázky.

Úkolem je optimalizovat výrobní proces tak, aby podařilo vyrobit za určité období v co největším objemu a co nejlevněji měděný pocínovaný obráběný zálisek, který se pak dále lisuje do plastových komponent, určených pro elektrorozvody. Jedná se o součást obráběnou vrtáním a frézováním.

Cílem je vyřešení ekonomické a technologické stránky celého výrobního procesu.

Vytipovat rozměrové parametry základního materiálu s ohledem na jeho spotřebu a odpad vzniklý při výrobě, dále navrhnout nástroje a přípravky, zvolit vhodné stroje pro výrobu, stanovit technologický postup a kontrolu jakosti vyrobených dílů.

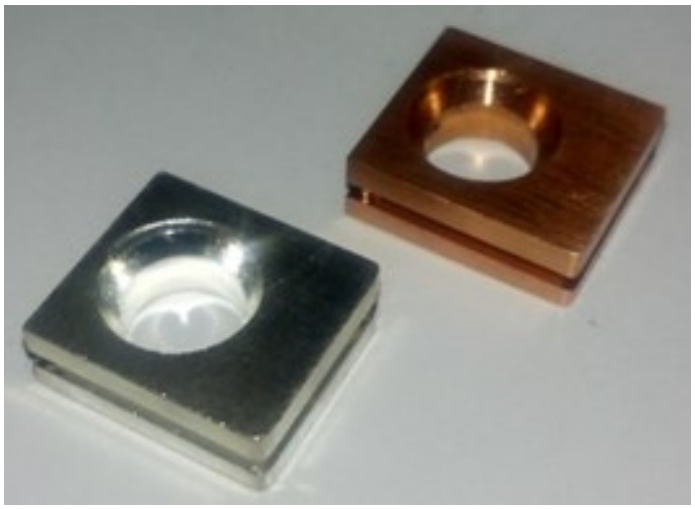
Závěrem bude navržený výrobního postup zhodnocen a porovnán se skutečností.

6 VÝVOJ ZÁKAZKY

6.1 Výrobek

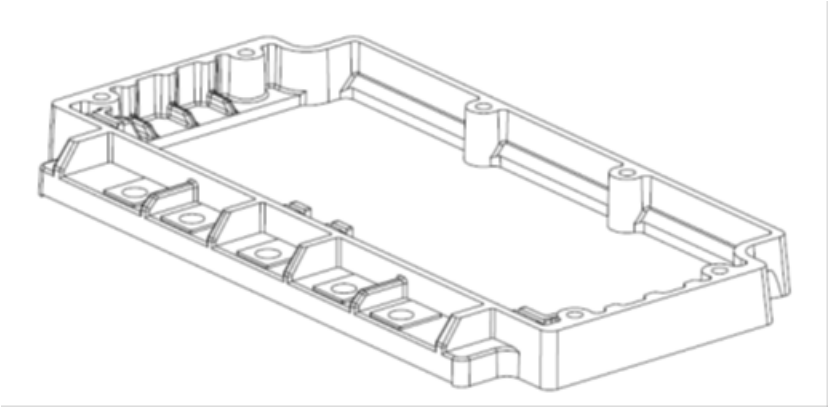
Díl obráběný vrtáním a následným frézováním s danými rozměry včetně tolerancí z materiálu Cu-ETP/CW004A - elektrovodná oxidovaná měď s obsahem Cu $\geq$ 99,9. Tato měď je vhodná na výrobu elektrických vodičů, ve stavebnictví, strojírenské výrobě a na chemická zařízení. Nevhodná pro použití za zvýšených teplot nad 370°C v redukčních atmosférách, protože křehne a je omezena její svařitelnost.

Požadovaná povrchová úprava hotových zálisků galvanickým cínováním dle normy DIN 50965 CuSn8 o tloušťce 10 mikronů = 0,01mm (CuSn8 – kov: Cu – zbytek, Sn - 8%, P - 0,2%).



Obr. 2 Zálisek před a po povrchové úpravě cínováním

Díl se dále u zákazníka lisuje do plastové skořepiny – polotovaru určeného jako součást montážního celku elektrorozvodů.



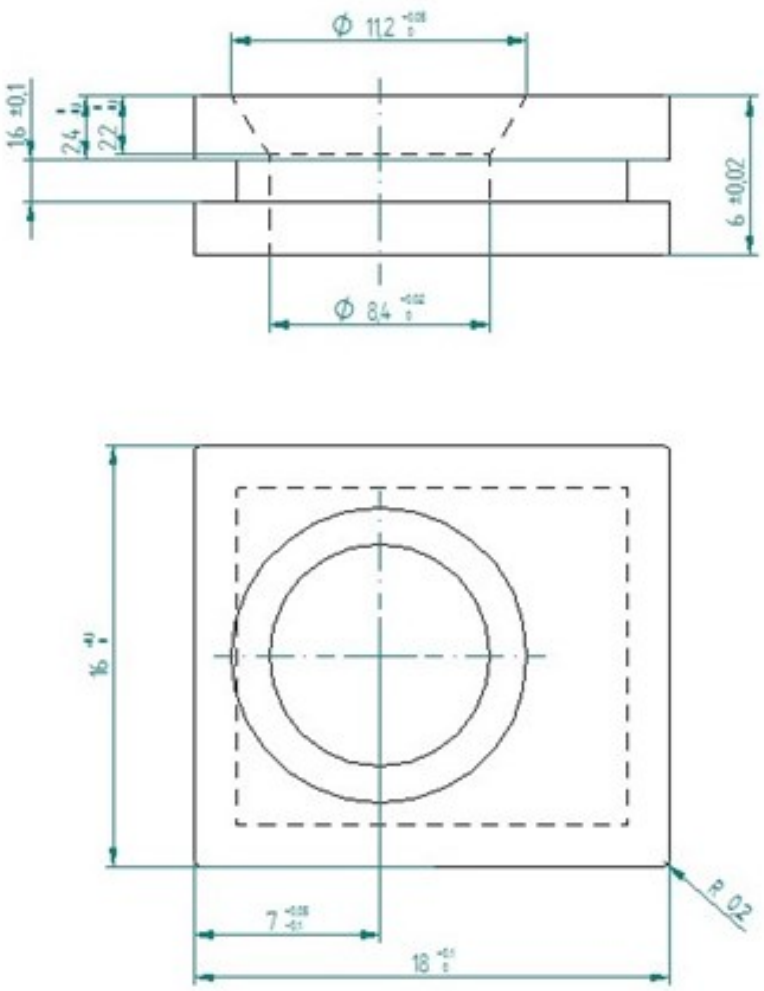
Obr. 3 Plastový komponent se zalisovanými zálisky

6.2 Ekonomická a technologická analýza plánované výroby

Pro zhodnocení, zda se zúčastnit výběrového řízení na výrobu požadovaného produktu, byl navržen plánovaný výrobní postup a spočítány plánované náklady včetně časového harmonogramu výroby. Výsledkem byla prodejní cena jednoho kusu, výrobní dávka a časový plán výroby.

6.2.1 Výrobní dávka

Z měděného plátu tloušťky 8mm o rozměrech 1 000x2 000mm byla vypočítána výrobní dávka 4 320 kusů měděných zálisků s tolerančními rozměry 6x16x18mm.



Obr. 4 Parametry zálisku

Vodním paprskem s abrazivem o tloušťce ≈1,2 mm se nařeže 108 tyčí o rozměrech 8x17x967mm. Musel být zohledněn odpad po okrajích plátu z důvodu deformace způsobené dělením plátu na střižném nástroji.

Na pásové řezačce se každá tyč nadělí na 4 pásky o rozměrech 8x17x240mm. V této podobě bude materiál připraven pro obrábění. Z každého pásku se vyrobí 10 kusů měděných zálisků.

6.2.2 Plánovaný odpad materiálu z výrobní dávky

Základní parametry k analýze:

Měděná tabule 2 000x1 000mm má hmotnost **143,2kg**

Tyč 17x967mm - 108 kusů z plátu – 1ks má hmotnost **1,177kg**

Pásek 17x240mm – 432 kusů z plátu – 1ks váží **0,294kg**

Hmotnost finálního dílu před cínováním je 10,4g = **0,0104kg**

Při řezání vodním paprskem

Z celkové plochy plátu odečteme plochu nařezaných tyčí

2 000 000 - 108(17x967) = 224 588mm^2 ≈ **16kg**

Při řezání na pile

Z plochy nařezaných tyčí odečteme plochu nadělených pásků

108(17x967) – 432(17x240) = 12 852mm^2 ≈ **0,92kg**

Při obrábění na CNC frézce

Konečnou váhu všech zálisků před cínování odečteme od hmotnosti plátu bez odpadu, který vznikl dělením (143,2 – 16,92)4 320.0,0104 ≈ **81,352kg**

Celkový odpad z tabule při výrobě 4 320 kusů měděných zálisků činí součet odpadu při dělení a obrábění 81,352 + 16,92 ≈ ***98,272 kg***

	tabule 2000x1000x8	tyč 17x967x8	pásek 17x240x8	zálisek 16x18x6
hmotnost 1 kusu v kg	143,2	1,177	0,294	0,0104
plocha 1 kusu v mm^2	2000000	16439	4080	288
počet kusů v tabuli	1	108	432	4320
odpad v kg	0	16	0,92	81,352
odpad v mm^2	0	224588	12852	1136201

Tabulka 1 Plánovaný odpad z výrobní dávky

6.2.3 Časový plán výrobní dávky

Byl navržen postup a přibližné časy obrábění na CNC frézce. Celý proces prošel vývojem, při kterém se testovalo optimální množství dílů vyrobených v rámci jednoho výrobního cyklu.

Výroba 10 kusů z jednoho pásku, zhotovení přípravků a náklady na provoz stroje, obsluhu a režie byla zhodnocena jako pracná a značně neekonomická.

Oproti tomu varianta *výroby 100 kusů* z deseti pásků se ukázala jako příliš riziková pro velké množství vadných dílů, pokud by došlo k chybě, například v nastavení nebo v seřízení stroje, případně selháním lidského faktoru.

Konečná varianta *dávky jednoho výrobního cyklu byla stanovena na 50 kusů* a od této skutečnosti se odvíjel další vývoj.

V prvním přípravku se vyvrtají otvory, po výměně přípravků se čelní rovinnou frézou obrobí tloušťka na tolerovaný rozměr 6mm a bude následovat obrábění délkových rozměrů, nejprve hrubování na rozměr s přídavkem, poté frézování drážky a celou operaci uzavře dokončovací fréza na požadovaný tolerovaný rozměr včetně začištění od otřepů po frézování. Při výpočtu časů byly zohledněny technické parametry stroje, navržené a vytipované nástroje.

Plánovaný výrobní čas CNC frézky – 21 minut = vrtání 180s, frézování 1 080s = 1 260s na 50 kusů zálisků = 25,2s na jeden kus zálisku. Výrobní dávka 4 320 kusů se bude obrábět 108 864s = **30 hodin 14 minut**

Manipulační čas na CNC frézce – 12 minut = 720s na 50 kusů zálisků = 14,4s na jeden kus zálisku. Na výrobní dávku to bude 62 208s = **17 hodin 17 minut**

Výrobní čas řezání pásků na pile – na jeden pracovní úkon 5 pásků za čas 2 minuty(120s) = 2,4s na jeden kus zálisku = výrobní dávka bude nařezána za 10 368s = **2 hodiny a 53 minut**

Výměna přípravků - pro vrtání a následně pro frézování včetně seřízení stroje, nahrání programu a kontroly cca **15 hodin.** Na jeden kus zálisku 12,5s.

Seřízení stroje – v průběhu obrábění dochází k vůlím ve stroji, které jsou nutné seřídit – plánovaný čas seřízení při obrábění jedné výrobní dávky – **5 hodin.**

Na jeden kus zálisku 4,2s.

Předpoklad výroby jedné výrobní dávky – **70hodin 24 minut** = 253 440s ≈ **59s na jeden kus zálisku**

	výrobní čas - 50ks [s]	výrobní čas - 1ks [s]	výrobní čas - 4320ks		
			[s]	[h]	[směny]
pila	120	2,4	10 368	2h 53minut	0,36
CNC frézka	1 980,00	39,6	171 072	47h 31minut	6,5
výměna přípravků	625	12,5	54 000	15	2
seřízení stroje	210	4,2	18 144	5	0,63

Tabulka 2 Časový plán výroby jedné výrobní dávky

6.2.4 Ekonomické zhodnocení plánu výrobní dávky

Cena tabule i s řezáním vodním paprskem a dopravou – 38 647,-Kč bez DPH ≈ **8,95Kč/ks**

Zisk z prodeje měděného odpadu v podobě třísek – 80Kč/kg = 7 861,76Kč ≈ 1,82Kč/ks

Odečteme z plánovaných nákladů na materiál 8,95 – 1,82 ≈ **7,13Kč/ks**

Výroba dílu na obrobně – řezání, vrtání a frézování včetně manipulačního času (500Kč/výrobní hodina) ≈ **8,15Kč/ks**

Odstranění otřepů ≈ **0,80Kč/ks**

Povrchová úprava galvanickým cínováním včetně dopravy ≈ **1,55Kč/ks**

Výroba a nákup nástrojů – 5 876Kč ≈ **1,36Kč/ks**

Výroba přípravků použitelných na cca 13 výrobních dávek – náklady na sadu 60 000Kč = 4 615Kč na výrobní dávku ≈ **1,07Kč/ks**

Celkové plánované náklady činí 20,06 Kč/ks při nákladech na výrobní hodinu včetně režií 500Kč/h

Prodejní cena byla stanovena 25Kč/ks

	materiál vč.řezání vodním	obrábění - pila, CNC frézka	odstranění otřepů	galvanické cínování	nástroje	přípravky	**celkem**
celkové náklady na výrobní dávku	30785,24	35 640	3456	6696	5876	4615	**87068,24**
náklady na 1ks zálisku	7,13	8,15	0,8	1,55	1,36	1,07	**20,06**

Tabulka 3 Ekonomické zhodnocení plánované výroby jedné výrobní dávky

6.3 Výrobní proces

Zakázku jsme na základě zaslané cenové a termínové nabídky ve výběrovém řízení získali a od zákazníka obchodní oddělení obdrželo objednávku. Tím byl spuštěn plánovaný výrobní proces. Byla zpracována výrobní dokumentaci pro výrobu přípravků, zaslány objednávky na výrobu a nákup nástrojů. Současně se vytvářel podrobný technologický postup včetně CAM programu pro CNC frézku.

6.3.1 Přípravky na obrábění

Pro výrobu stanovené výrobní dávky byly v rámci technické přípravy výroby navrženy a následně vyrobeny přípravky, které zajistily upevnění polotovarů pro jednotlivé operace.

Přípravky jsou vyrobeny z oceli jakosti 11523 a jejich využití je na několik výrobních dávek. Při návrhu matric pro vrtání bylo nutné přihlédnout k pevnému ukotvení pásků v přípravku. Nejjednodušším řešením byly přítlačné lišty, které se k přípravku šroubují tak, aby přichytily vždy okraje dvou pásků.

U frézování v prvním programu bylo dostatečné uchycení zajištěno šrouby v otvorech jednotlivých zálisků. U druhého programu vzniklo riziko protočení, proto bylo navrženo krytí ukládací desky přípravku víkem,, ve kterém jsou ze spodní strany výstupky dosedající při uzavření do již vyfrézovaných mezer v podélné ose x a tím zabrání nežádoucímu pohybu zálisků při obrábění svislém v ose y.

6.3.2 Výrobní nástroje

Pro obrábění otvoru a drážky zálisku musely být v rámci technické přípravy navrženy a vyrobeny speciální nástroje. Také bylo nutné přihlédnout k jakosti materiálu. Byla kontaktována certifikovaná firma na výrobu nástrojů k navržení a výrobě nástrojů, které zajistí obrobení dle zadaných požadavků.

Hrubovací, dokončovací fréza a vyměnitelné břitové destičky do rovinné čelní frézy byly vytipovány na základě námi zadaných parametrů naším standardním dodavatelem.

Základním materiálem nástrojů jsou rychlořezné oceli, které splňují požadavky obrábění na CNC frézce. Pro obrábění měděných dílů musely být zvoleny povlaky, které zajistí především rychlost obrábění a kvalitu řezu.

Obr. 5 Tvarová fréza

Obr. 6 Stupňovitý vrták

Materiálem obou nástrojů speciálně vyrobených na zakázku je rychlořezná ocel vyráběná práškovou metalurgií HSS-E PM s povlakem TiN pro obrábění barevných kovů. U povlaků je důležitá co nejtenčí vrstva, aby byla zachována ostrost nástroje.

Stupňovitý vrták – trojbřitý pravořezný nástroj s průměrem D = 8,4mm a n = 1700 otáček za minutu při vrtání otvorů

Výpočet řezné rychlosti $\mathbf{v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 8{,}4 \cdot 1700}{1000} = 44{,}86\ m/min}$

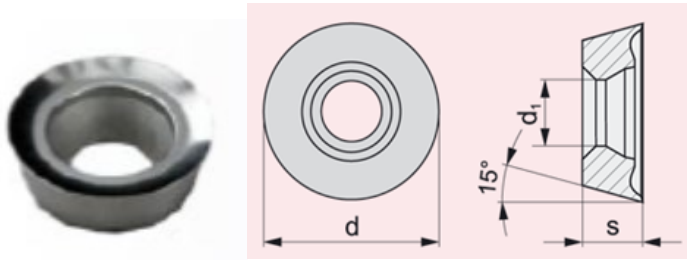
Tvarová fréza – dvoubřitý pravořezný nástroj s průměrem D = 9,4mm a n = 4 500 otáček za minutu při frézování středové drážky v zálisku

Výpočet řezné rychlosti $\mathbf{v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 9{,}4 \cdot 4500}{1000} = 132{,}89\ m/min}$

Hrubovací a dokončovací fréza ø6 - trojbřitý pravořezný nástroj s úhlem břitu 30° s průměrem D = 6mm a n = 6 500 otáček za minutu. Materiál – jemnozrnný karbid s vícevrstvým povlakem TiAlN

Výpočet řezné rychlosti $\mathbf{v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 6500}{1000} = 122{,}52\ m/min}$

Rovinná čelní fréza ø30 s vyměnitelnými břitovými destičkami - břitové destičky RDHT1003MO-FA s povlakem HF7 – povlak je submikronový materiál bez kubických karbidů s nízkým obsahem kobaltu, vytváří malé až střední průřezy třísek. Vhodné pro obrábění hliníkových a měděných slitin a plastů. V rovinné čelní fréze jsou 4 plátky, d = 10mm, průměr frézy D = 30mm a n = 3 600 otáček za minutu.



Obr. 7 Schéma a obrázek vyměnitelné břitové destičky

Výpočet řezné rychlosti $\mathbf{v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 30 \cdot 3600}{1000} = 339{,}29\ m/min}$

6.3.3 Stroje potřebné k výrobě

Horizontální pila pásová ARG 240 CF-NC Automat

Posuv materiálu do řezu, upínání materiálu a posuv ramene pilového pásu do řezu a zpět jsou ovládány hydraulicky. Zadání počtu řezaných kusů a spouštění se provádí na displeji řídící jednotky, kde se také zobrazují chybová hlášení. Při nastavení stroje do ručního režimu je možné ovládat všechny funkce stroje odděleně.

Pila je určena k řezání širokého spektra ocelí, barevných kovů, litiny i plastů. Řezání v rovině i pod úhlem.

CNC frézka – 3-osé obráběcí centrum HAAS MIKRON

Parametry stroje:

- rozměry pracovního stolu	L660xŠ300mm
- počet nástrojů v zásobníku	24
- mechanický posuv v ose x	514mm
- mechanický posuv v ose y	412mm
- mechanický posuv v ose z	528mm
- maximální posuv v osách	3 000mm/min
- maximální otáčky	7 500/min

Ve stroji byla použita chladící emulze OLEA – Optima Cool42. Jedná se o emulgační olej obsahující efektivní protioděrové přísady, které během obráběcí operace pomáhají vytvořením odolného mazacího filmu eliminovat tření při styku nástroje a obrobku. Dále obsahuje speciální pasivační korozní inhibitory na barevné kovy.

6.3.4 Program CAM pro obrábění

Program byl vytvořen v softwaru EDGE Cam. Program je popsán jako soubor příkazů, které určují pořadí jejich provádění. Kódy se člení do skupin. Každá skupina má svoje abecední paměťové místo. Kromě G kódů a makroinstrukcí nemohou být kódy se stejným abecedním paměťovým místem užívány více jak jednou na tom samém řádku. G kódy se člení do skupin, které mají své speciální skupinové číslo. G kódy ze stejné skupiny nemohou být užívány více jak jednou na stejném řádku.

Náhledy jednotlivých programů:

Program – vrtání otvorů stupňovitým vrtákem

```
 %
O5400(Zálisek 4171 vrtani)
(Turret No. :  2   Diameter :8.400    MM  DRILL    )
(*********************************************)
(* Machine Tool   : HAAS VF 3 SS -3osý)
(* Part Name      : Zálisek 4171 vrtani)
(* Sequence       : )
(* Programmed By  : )
(* Date           : 11/04/13)
(* Time           : 06:46:58)
(* Total Machining Time : 3.011     Minutes)
(*********************************************)
N1G91 G28 G00 Z0.
N2 (ZAVéST OPERACE : OBRáBěNí DěR PRO FRéZOVáNí)
```

```
N3 T02 M06  (Údaj uživatele)
N4 G0 G90 G54
N5 S3700 M3
N6 G00 X-106.9 Y56.0
N7 G43 Z100.0 H02 M8
```

Program – frézování tolerančního rozměru 16mm

```
%
O5401 (Zalisek 4171 frezovani 1 -  ROZMER 16)
(Turret No. : 12 Diameter :30.000 MM ENDMILL )
(Turret No. : 6 Diameter :5.990 MM ENDMILL )
(Turret No. : 10 Diameter :10.000 MM T-SLOT )
(Turret No. : 8 Diameter :6.000 MM ENDMILL )
(*********************************************)
(* Machine Tool : HAAS VF 3 SS -3os})
(* Part Name : Zalisek 4171 frezovani 3)
(* Sequence : )
(* Programmed By : )
(* Date : 11/05/13)
(* Time : 07:43:50)
(* Total Machining Time : 7.978 Minutes)
(*********************************************)
N1 G91 G28 G00 Z0.
N2 T12 M06 (CELO)
N3 G00 G90 G54
N4 G00 X134.6 Y44.4 S3600 M03
N5 G43 Z20. H12 M08
```

Program – frézování tolerančního rozměru 18mm

```
%
O5402 (Zalisek 4171 frezovani 2 – ROZMER 18)
(Turret No. : 6 Diameter :5.990 MM ENDMILL )
(Turret No. : 10 Diameter :10.000 MM T-SLOT )
(Turret No. : 8 Diameter :6.000 MM ENDMILL )
(*********************************************)
(* Machine Tool : HAAS VF 3 SS -3os})
(* Part Name : Zalisek 4171 frezovani 4)
(* Sequence : )
(* Programmed By : )
(* Date : 11/05/13)
(* Time : 10:13:35)
(* Total Machining Time : 10.618 Minutes)
(*********************************************)
N1 G91 G28 G00 Z0.
N2 T06 M06(HRUB 18)
N3 G0 G90 G55
N4 G00 X96.805 Y61.5 S6500 M3
N5 G43 Z50.0 H06 M8
N6 Z2.0
```

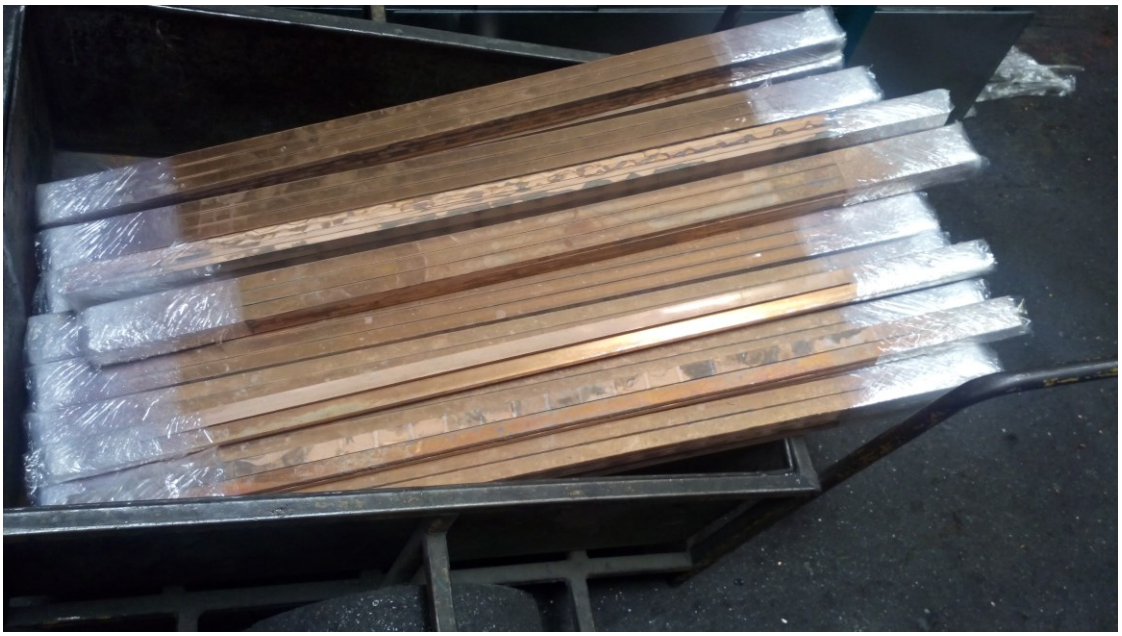
6.3.5 Technologický postup výroby

Řezání tabule vodním paprskem

Tato technologie byla zvolena jako nejvhodnější pro materiál s vysokou tepelnou vodivostí, jakým je měď, jejichž řezání například laserem je silně omezeno tloušťkou.

Řezání vodním paprskem je výhodném z důvodu vysoké přesnosti řezu, minimálního odpadu, nedochází k porušení materiálu v okolí řezu ani ke vzniku vnitřního pnutí a tepelnému namáhání materiálu.

Z plotny tl.8mm o rozměrech 2 000x1 000mm bylo nařezáno 108 kusů tyčí.



Obr. 8 Tyče nadělené vodním paprskem s abrazivem

Dělení tyčí na pásové pile

Řezání po pěti tyčích o rozměrech 17x967x8 mm současně na pásky 17x240x8. Z každé tyče vychází 4 pásky.

Obrábění na CNC frézce

Do řídící jednotky CNC frézky jsou nahrány programy pro obě obráběcí operace, do zásobníku stroje vloženy nástroje pro všechny operace – 1x hrubovací a 1x dokončovací válcová fréza ø6, rovinná čelní fréza ø30 s vyměnitelnými břitovými destičkami, stupňovitý vrták a tvarová fréza.

Obr. 9 Pásky nařezané pásovou pilou a připravené pro obrábění

1. operace - vrtání otvorů stupňovitým vrtákem

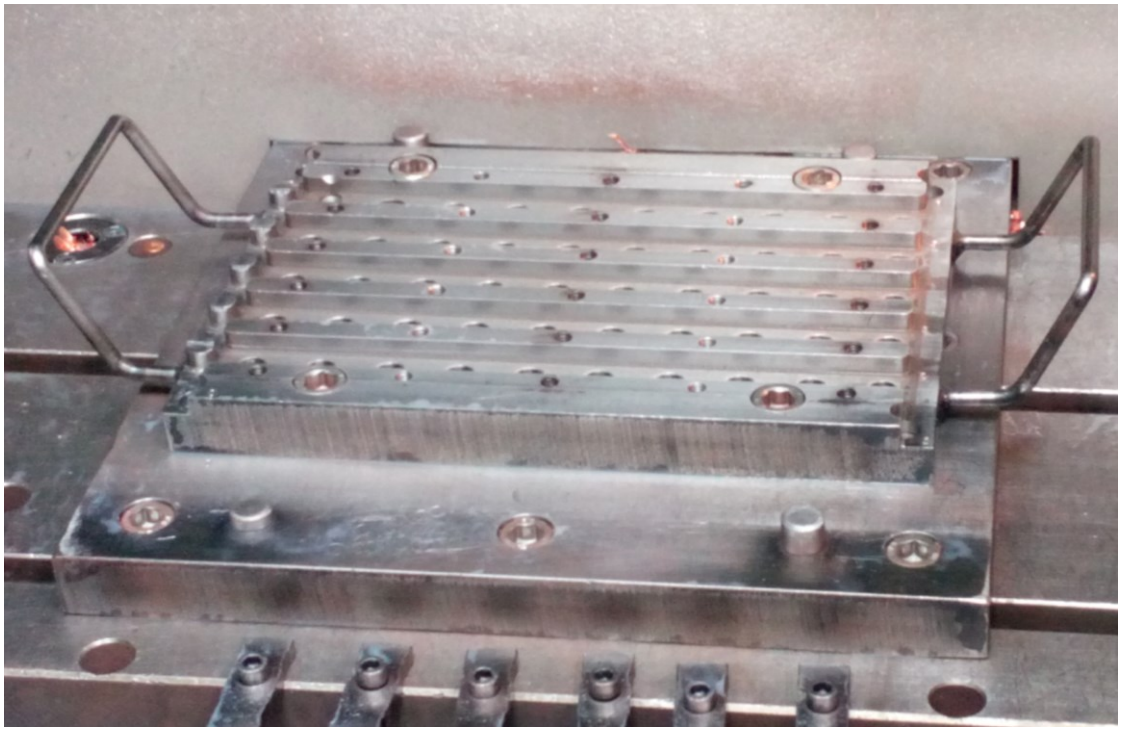
V technické přípravě CNC frézy na operaci vrtání se na lože frézky připevní základová deska a na ni přípravek na vrtání.

Obsluha stroje postupně vkládá do přípravku na vrtání 5 kusů pásků o rozměrech 8x17x240 a pomocí přítlačných lišt je přišroubuje k přípravku. Manipulační čas přípravy je přibližně 2 minuty.

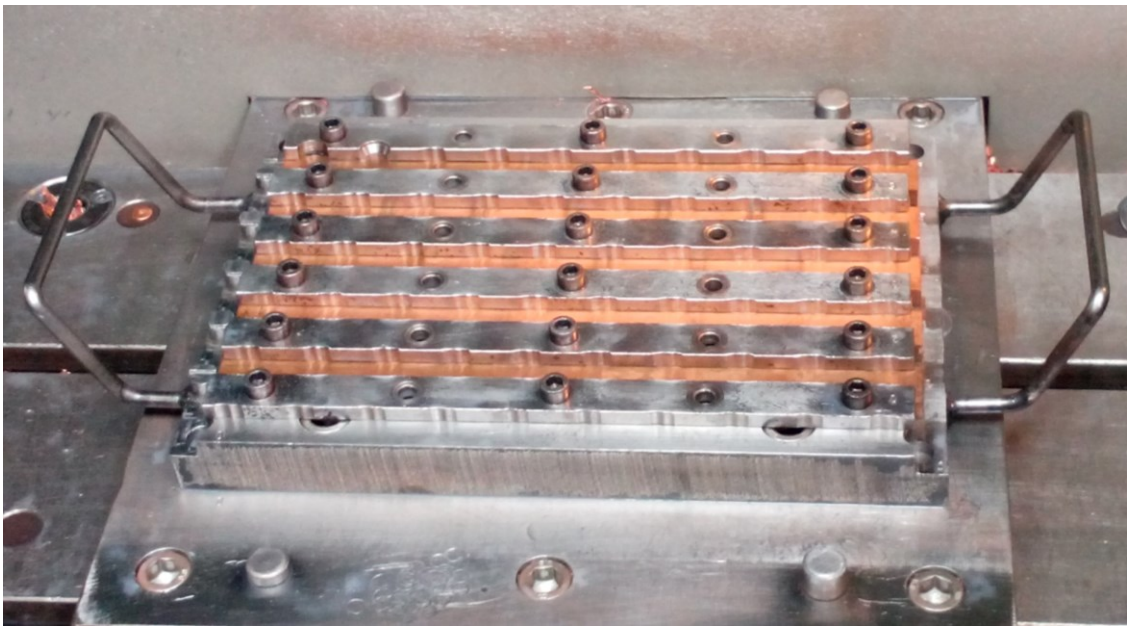
Programový čas operace je 3,011 minut. Na obrázku 12 je znázorněn žlutou čarou postup vrtání jednotlivých otvorů. Po vyjmutí vyvrtaných pásků a vyčištění přípravku od otřepů může být vložena další sada do stroje a celá operace se opakuje. Manipulační čas cca 4 minuty.

Z důvodu úspory času se vrtají všechny pásky výrobní dávky při jednom nastavení stroje.

Až poté následuje výrobní operace frézování. Vymění se na frézce přípravky pro frézování a proběhne celkové seřízení stroje pro novou operaci.

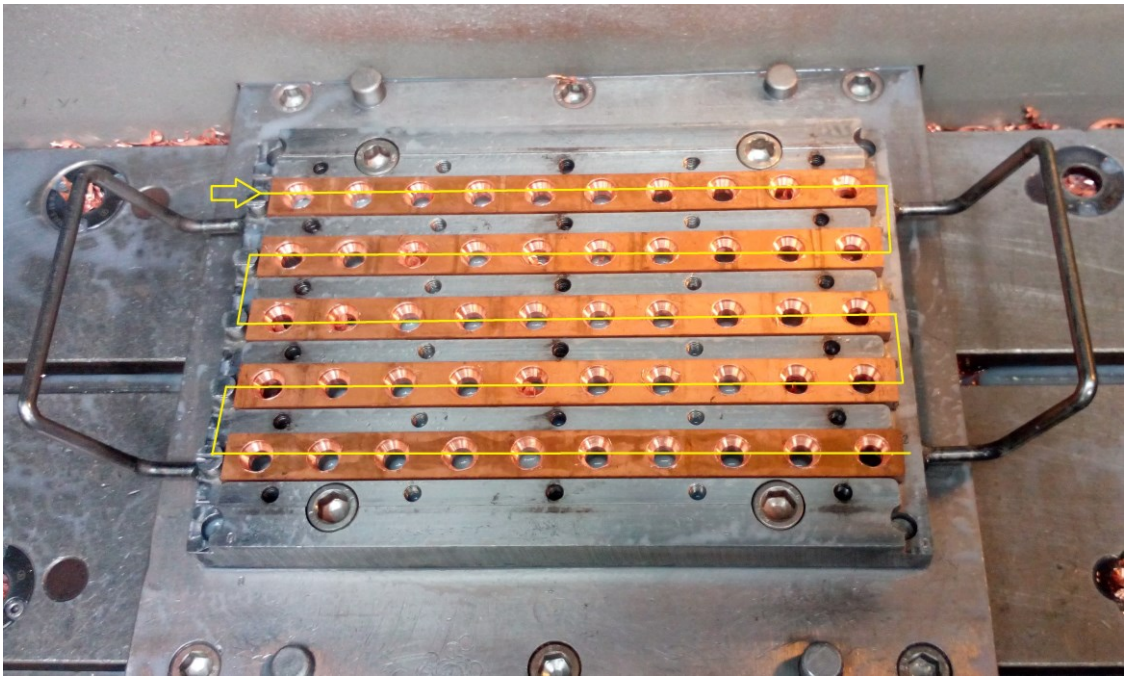


Obr. 10 Přípravek na vrtání otvorů na základové desce



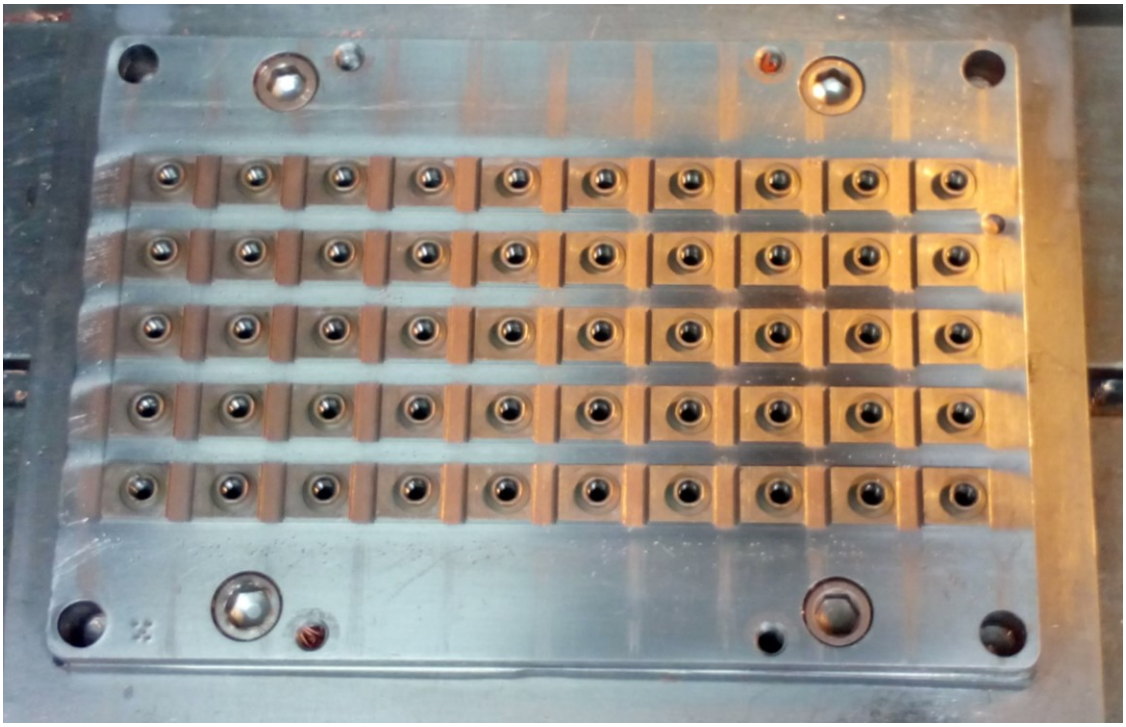
Obr. 11 Pásky upevněné v přípravku k operaci vrtání

Navrtané pásky je nutné připravit na další operaci frézování. Každý je uchycen do svěráku, brusným papírem je zabroušena spodní dosedací strana pásku a odstraněny otřepy v otvorech ojehlovacím škrabákem. Po vyjmutí ze svěráku se tato plocha ještě začistí brusným rounem. Zajišťuje obsluha v průběhu výrobního času stroje.



Obr. 12 Operace vrtání

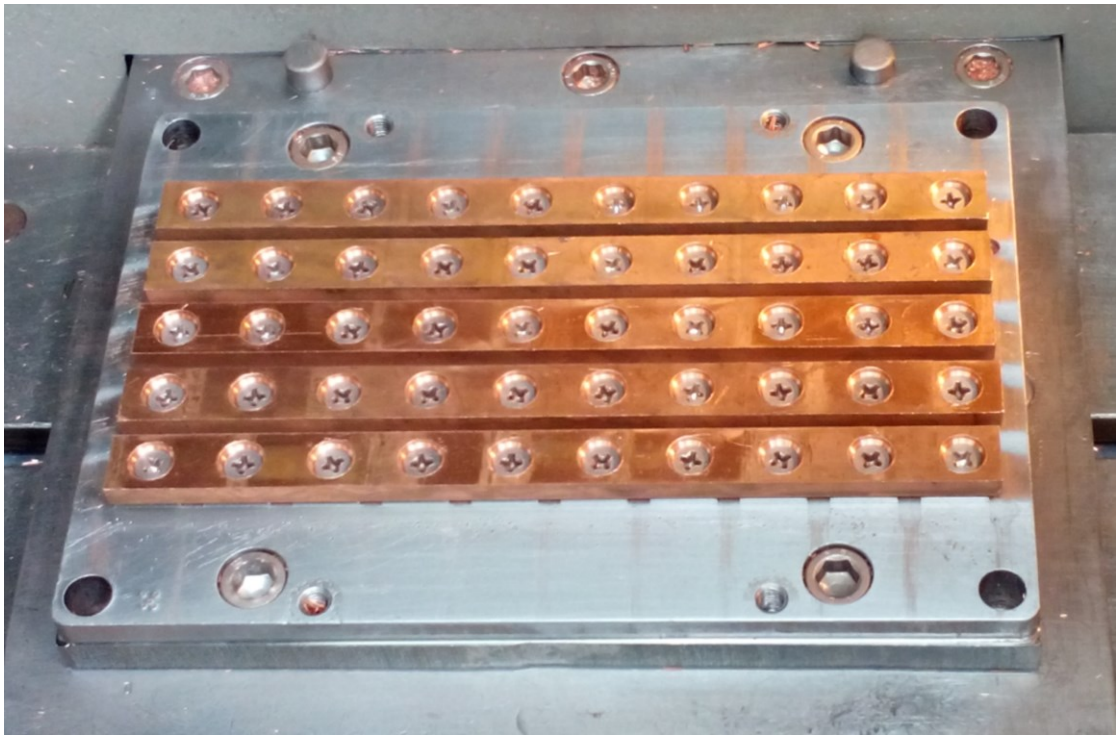
2. operace - frézování dílů



Obr. 13 Frézovací přípravek na základové desce

Na operaci frézování se na základovou desku připevní ukládací deska na frézování. Operace obsahuje dva programy, ve kterých je několik pracovních úseků.

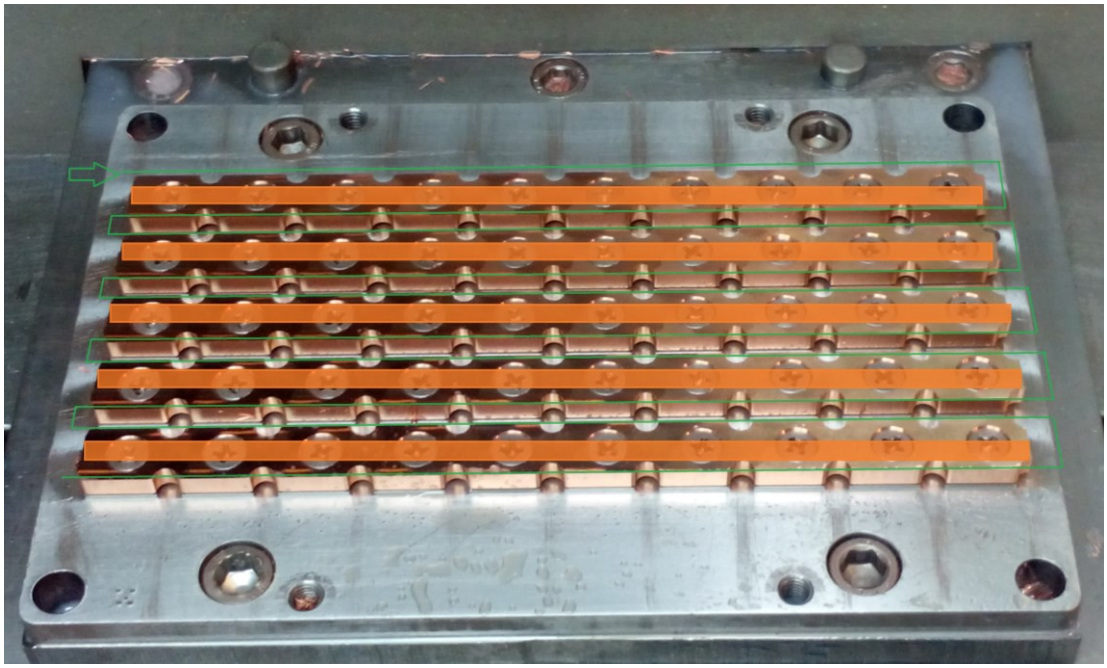
V prvním programu o délce 7,98 minut se do přípravku opět vloží 5 pásků, které se v navrtaných otvorech připevní šrouby pomocí AKU vrtačky k přípravku, manipulační čas cca 2 minuty.



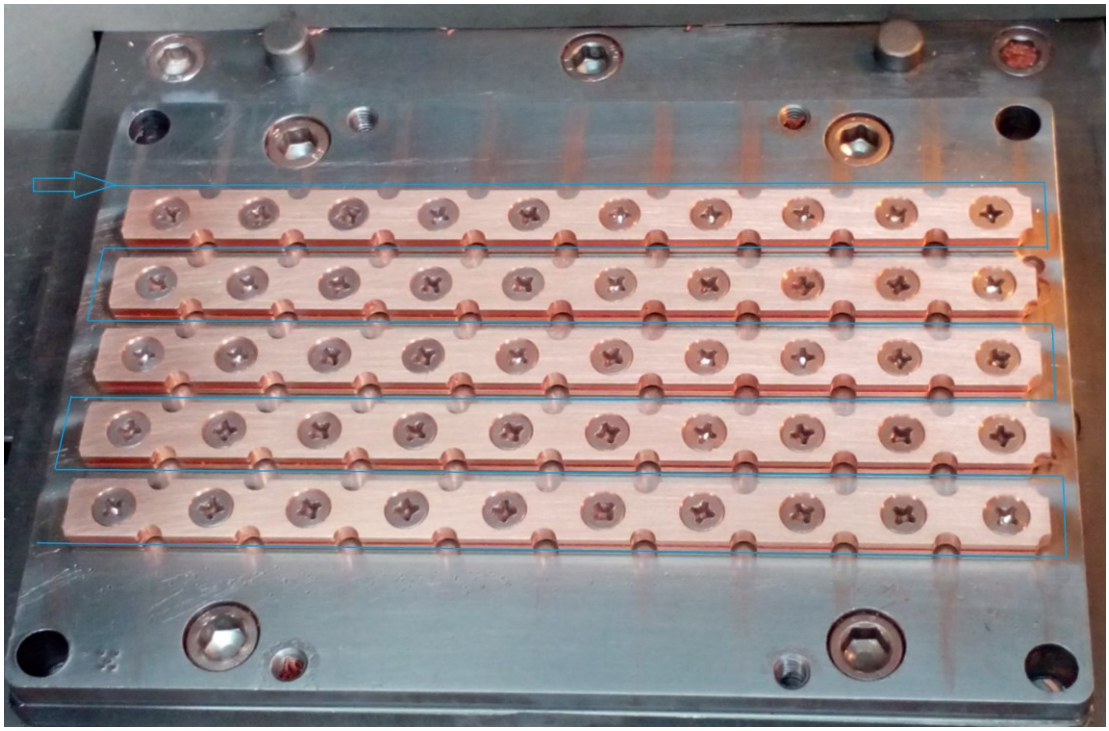
Obr. 14 Připevněné pásky připravené k 1.programu frézování

Po upnutí se rovinnou čelní frézou ø30 osazenou výměnnými břitovými destičkami obrábí 2mm z tloušťky pásku. Postupně se frézuje každý pásek zvlášť na 2 pracovní úkony stroje s hloubkou řezu 1mm. Následuje v podélné (v ose x stroje) hrubování šířky pásků válcovou frézou ø6 na rozměr s přídavkem 16,1mm včetně vytvoření radiusu v rozích zálisku. Fréza obrábí každou stranu pásku zvlášť. Po hrubování všech pásků v přípravku program stroj pozastaví příkazem STOP, aby obsluha mohla manuálně vyčistit pracovní plochu od třísek.

Následuje obrábění tvarovou frézou, která vyfrézuje v podélném směru osy x boční drážku a zkosí hrany drážky. Fréza obrábí na jeden pohyb dva vedle sebe upnuté pásky. Posledním úsekem prvního programu frézování je odstranění přídavku na tolerovaný rozměr 16 dokončovací frézou ø6mm. Obrobí každou stranu pásku zvlášť a odstraní otřepy.
Na obrázku 15 je oranžovou silnou čarou znázorněna dráha čelní rovinné frézy a tenkou zelenou čarou dráhy hrubovací a dokončovací frézy; na obrázku 16 jemodrou tenkou čarou znázorněna dráha tvarové frézy.

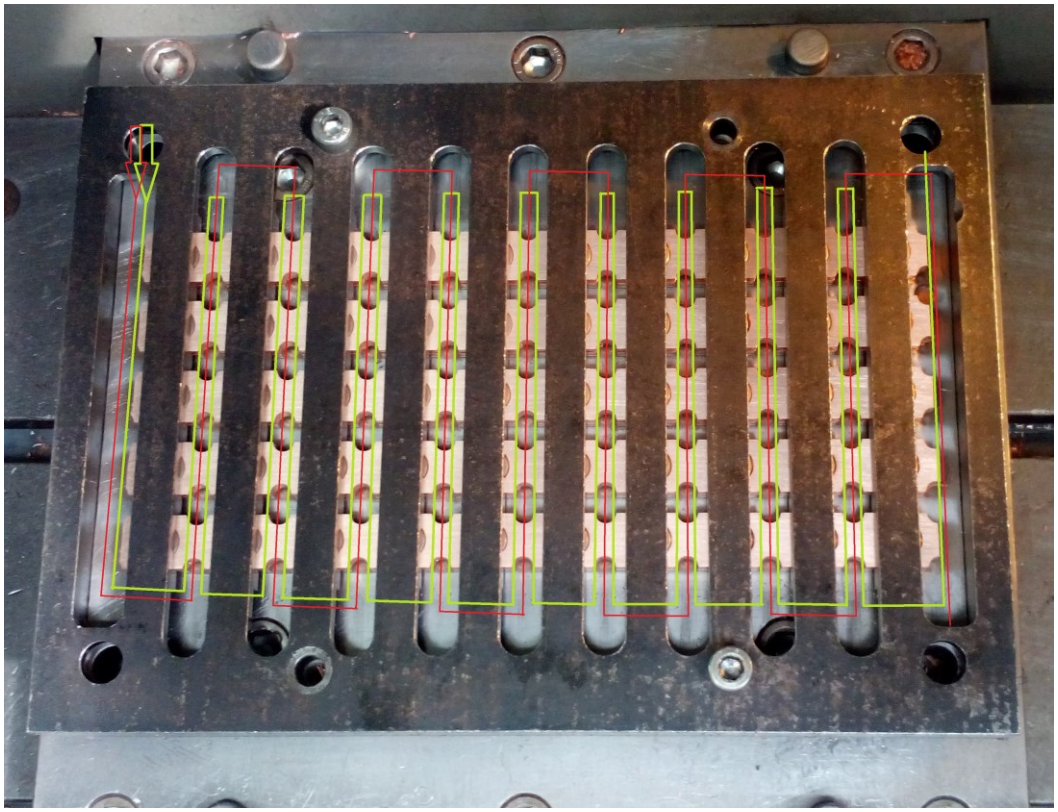


Obr. 15 Frézování – úsek čelního obrábění, hrubování a dokončování – 1.program



Obr. 16 Frézování – úsek obrábění tvarovou frézou - 1.program

V druhém programu o délce 10,618 minut se před připevněním víka na frézování začistí a vyleští brusným papírem povrch pásků. Víko přípravku se pro přesné umístění ukotví na čep a přichytí šrouby k ukládací desce pro frézování.



Obr. 17 Frézování – 2.program

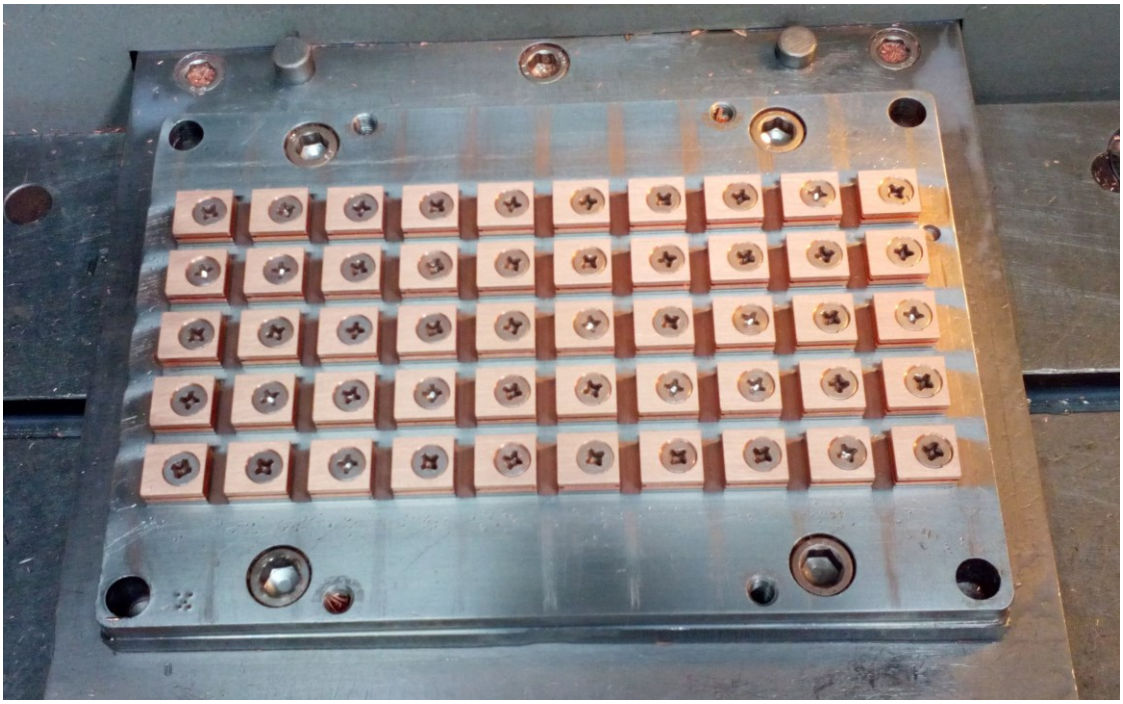
V prvním úseku programu hrubovací fréza ø6 obrábí díly ve směru svislé ose y stroje. Rozdělí pásky jedním pracovním úkonem na délkový rozměr s přídavkem 18,1mm. Následuje pozastavení stroje příkazem STOP programu pro manuální vyčištění pracovní plochy stroje od třísek.

Ve druhém a třetím úseku stejně jako u prvního programu obrobí tvarová fréza na jeden pracovní úkon drážku u obou sousedících dílů a dokončovací fréza ø6 zfrézuje délku dílu na tolerovaný rozměr 18mm. Na obrázku 17 je žlutou tenkou čarou znázorněna dráha hrubovací a dokončovací frézy a červenou tenkou čarou dráha frézy tvarové.

Obsluha odšroubuje víko přípravku a vyjme všechny zálisky pomocí AKU vrtačky. Manipulační čas cca 2 minuty. Následuje vyčištění stroje a příprava stroje na další výrobní cyklus.

Dokončovací práce – ojehlení otřepů

Provádí se manuálně ojehlovacím škrabákem.



Obr. 18 Díly v přípravku po dokončení frézování

Povrchová úprava – galvanické cínování

V kooperaci probíhá i galvanické cínování. Dle dodané výkresové dokumentace je předepsán galvanický povlak DIN 50965 CuSn8 o tloušťce 10 mikronů, to znamená obsah kovu mědi Cu 91,8%, zinku Sn 8% a fosforu P 0,2%. Je možné použít kyselou lázeň obsahující síran cínatý SnCo4 ve vodném roztoku kyseliny sírové a kyseliny sulfokresolové s dalšími přísadami nebo lázeň s chloridem cínatým a kyselinou fluorovodíkovou.

Tabulka 4 Technologický postup výroby

Název		Výkres			Výrobní dávka
Zálisek		**51523630403**			**4320 ks**
Povrchová úprava					Galvanický zinek - DIN 50965 CuSn8 o tloušťce 10 mikronů
Materiál		**měď Cu-ETP**			Rozměry **tolerované 16x18x6**
Operace	**Typ operace**	**Stroj**	**Úsek operace**	**Nástroj**	**Popis**

010	KOO				Řezat vodním paprskem 108 kusů na rozměr 17x967
					V kooperaci - materiál - deska Cu ETP tloušťky 8mm o rozměrech 1000x2000x8mm dodat, odpad materiálu zaslat spolu s vypálenými díly
020	V	PILA			Řezat tyče vždy po pěti kusech na čtyři pásky s délkou 240mm
					Každá tyč bude rozdělena na 4 stejné díly
030	V	CNC FR	Vrtání otvorů	Stupňovitý vrták	Vrtání otvorů stupňovitým vrtákem. Do každého pásku 10 otvorů dle TD:D11,2mm se zkosením pod úhlem do hloubky 2,2mm na D8.4mm
					1.operace na CNC frézce. Na lože stroje je připevněna základová deska s přípravkem na vrtání. Celkem pět pásků o rozměrech 17x240mm je pomocí přítlačných lišt upnuto
040	MP				Upevnění pásku do svěráku, ojehlení pásků od případných otřepů ojehlovacím škrabákem a zabroušení spodní dosedací plochy brusným papírem, po vyjmutí ze svěráku následuje zaleštění stejné plochy brusným rounem

					Příprava CNC frézy na další operací - frézování - výměna vrtacího přípravku za ukládací desku pro frézování
050	V	CNC FR	Frézování	Čelní rovinná fréza D30	Frézování tloušťky pásků na toleranční rozměr 6mm
			1.program		*Frézování každého pásků zvlášť - na dva záběry s hloubkou řezu 1mm*
060	V	CNC FR	Frézování	Hrubovací válcová fréza D6	Hrubování šířky pásků válcovou frézou ø6 na rozměr s přídavkem 16,1mm včetně vytvoření rádiusu v rozích zálisku
			1.program		*Fréza obrábí každou stranu pásku zvlášť. Po hrubování všech pásků v přípravku program stroj pozastaví příkazem STOP, aby obsluha mohla manuálně vyčistit pracovní plochu od třísek*
070	V	CNC FR	Frézování	Tvarová fréza	Frézování boční drážky v podélném směru osy x stroje včetně zkosení hrany drážky
			1.program		*Na jeden úkon frézy obrobení obou vedle sebe upnutých pásků*
080	V	CNC FR	Frézování	Dokončovací válcová fréza D6	Obrobení přídavku na hotový toleranční rozměr 16 v podélné ose x stroje

			1.program		*Obrábění každé strany pásku zvlášť*
090	MP				Povrch pásků v přípravku se začistí a vyleští brusným papírem
					Usazení na čep a připevnění víka frézovacího přípravku pomocí šroubů ke spodní části přípravku
100	V	CNC FR	Frézování	Hrubovací válcová fréza D6	Obrábění dílů ve směru svislé osy y stroje na rozměr s přídavkem 18,1mm
			2.program		*Fréza obrábí každou stranu zvlášť. Následuje pozastavení stroje příkazem STOP v programu pro manuální vyčištění pracovní plochy stroje od třísek*
110	V	CNC FR	Frézování	Tvarová fréza	Frézování boční drážky ve svislém směru osy y stroje včetně úkosu hrany drážky
			2.program		*Na pracovní úkon frézy obrobení obou vedle sebe upnutých pásků*
120	V	CNC FR	Frézování	Dokončovací válcová fréza D6	Obrobení přídavku na hotový tolerovaný rozměr 18 ve svislé ose y stroje
			2.program		*Obrábění každé strany pásku zvlášť*

130	MP				Odšroubování víka přípravku a vyjmutí všech zálisků pomocí AKU vrtačky, odstranění otřepů ojehlovacím škrabákem
					Vyčištění stroje a příprava pro další výrobní cyklus
140	KOO				Galvanické cínování - galvanický povlak DIN 50965 CuSn8 o tloušťce 10 mikronů, to znamená obsah kovu mědi Cu 91,8%, zinku Sn 8% a fosforu P 0,2%
					V kooperaci - dle TD

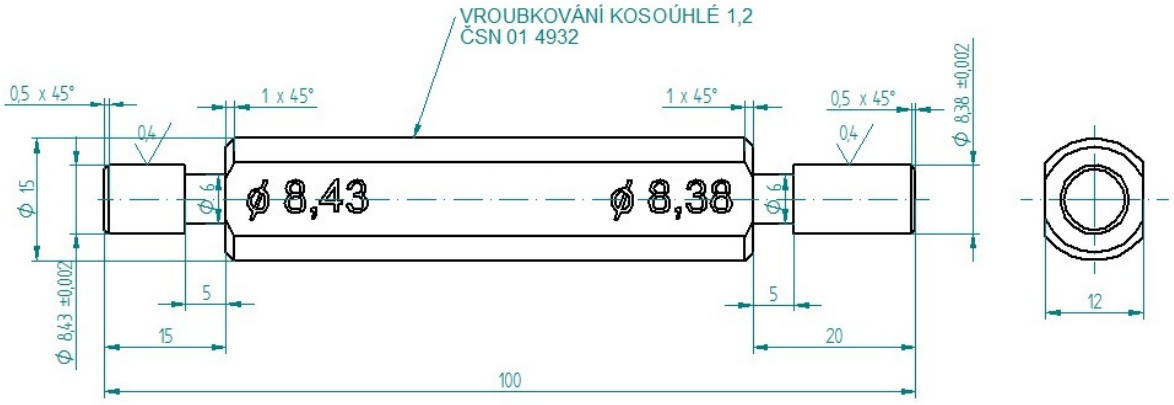
6.3.6 Kontroly a mezikontroly pro dodržení požadované kvality výrobku

Kontrola nařezaných pásků

Po operaci dělení celého plátu 1000x2000mm vodním paprskem na tyče v kooperaci a následně po řezání pilou na pásky provádí namátkově TK dle TD.

Kontrola navrtaných pásků

Po operaci vrtání je provedena namátková kontrola operátorem, při níž se kalibrem měří průměr a hloubka zkosení otvoru. TK na profiloměru prověří namátkově zahloubení 4,2mm s tolerancí ±0,1mm. Tyto kontroly se nezaznamenávají.

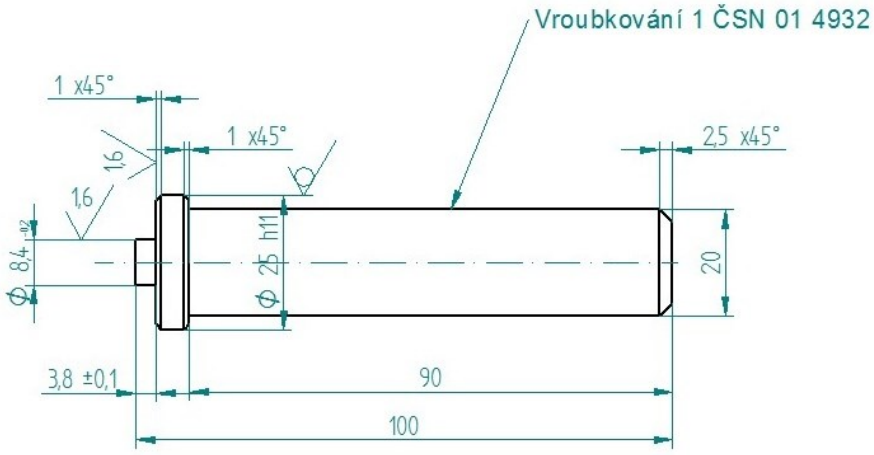


Obr. 19 Kalibr pro kontrolu průměru otvoru

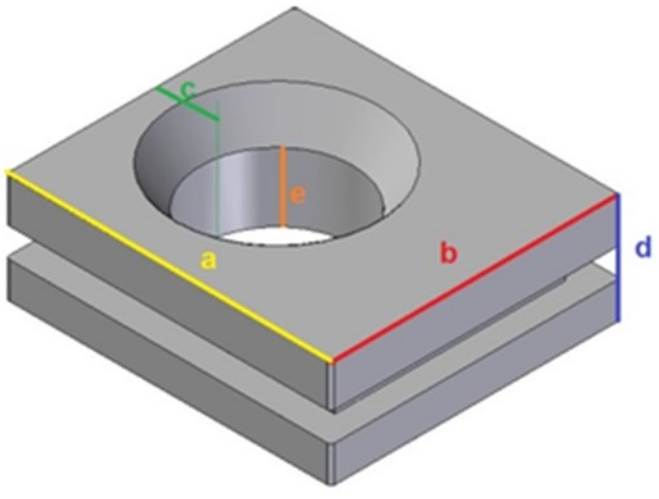
Kontroly obrobených zálisků

Operátor má během jedné pracovní směny povinnost několika měření.

Při prvním měření vybere na začátku, uprostřed a na konci směny namátkově 9 kusů zálisků (z řady první, uprostřed a poslední) a změří analogovým mikrometrem a digitálním posuvným měřidlem 4 základní parametry a vytvoří zápis pro evidenci. Tato kontrola se provádí pro zjištění správného nastavení stroje - ráno, zda je stroj dostatečně zahřátý na provozní teplotu a v průběhu směny, kdy může docházet k vytvoření vůlí ve stroji. Jedná se o preventivní kontrolu, zda není nutné upravit nastavení v programu.



Obr. 20 Kalibr pro kontrolu průměru a hloubky zkosení otvoru



Obr. 21 Měřené kontrolní hodnoty – legenda viz Tabulka 5

Po ukončení směny operátor provádí kontrolu 50 namátkově zvolených zálisků a kontroluje analogovým mikrometrem nejdůležitější tolerovaný rozměr 18mm. Zjištěné údaje za-

znamená do měřícího protokolu a založí pro případnou kontrolu – jedná se pouze o interní dokumenty.

TK denně po skončení směny vybere namátkově 30 kusů a přeměří u nich kalibrem, analogovým mikrometrem a digitálním posuvným měřidlem čtyři základní rozměry.

označení	rozměr požadovaný po cínování	rozměr před cínováním - zadán kontrolorem	DMR	HMR	měřidlo	kontrola	poznámka
a	$18^{+0,1}_{-0}$	$18^{+0,08}_{-0,02}$	17,98	18,08	analogový mikrometr	operátor kontrolor	
b	$16^{+0,1}_{-0}$	$16^{+0,08}_{-0,02}$	15,98	16,08	analogový mikrometr	operátor kontrolor	
*	$ø8,4^{+0,02}_{-0}$	$ø8,4^{+0,05}_{-0,02}$	8,38	8,45			průměr otvoru zálisku
**	$7^{+0,05}_{-0,1}$	$7^{+0,08}_{-0,12}$	x	x			vzdálenost rozteče otvoru od čela L16
c	$2,8^{+0,05}_{-0,1}$	$2,8^{+0,08}_{-0,12}$	2,68	2,83	posuvné měřidlo	operátor kontrolor	c=**-*/2
d	6±0,02	$6^{+0}_{-0,04}$	5,96	6,00	analogový mikrometr	operátor kontrolor	
e	3,8±0,1	$3,8^{+0,08}_{-0,01}$	3,79	3,88	kalibr profiloměr	operátor kontrolor	

Tabulka 5 Kontrolované parametry zálisku

Kontrola zálisků s povrchovou úpravou

Je prováděna kontrolorem a jedná se vizuální kontrolu namátkovým způsobem.

7 VYHODNOCENÍ A ZÁVĚR

7.1 Zhodnocení výrobního procesu dle skutečnosti

7.1.1 Výrobní časy dle skutečnosti

Výrobní a manipulační čas na CNC frézce

Vrtání výrobní dávky trvalo 13 hodin = 46 800s ≈ 10,83s na jeden kus.

Frézování 4320 kusů = 60 hodin = 216 000s = 50s na jeden kus.

Celkem 60,83s na jeden kus zálisku = výrobní dávka byla obrobena za 262 800s = **73 hodin.**

Výrobní čas řezání pásků na pile – na jeden pracovní úkon 5 pásků za čas 2 minuty (120s) = 2,4s na jeden kus zálisku = výrobní dávka bude nařezána za 10 368 s = **2hodiny a 53 minut.**

Výměna přípravků - pro vrtání a následně pro frézování včetně seřízení stroje, nahrání programu a kontroly cca **15 hodin.** Na jeden kus zálisku připadá 12,5s.

Seřízení stroje – v průběhu obrábění dochází k vůlím ve stroji, které jsou nutné seřídit – plánovaný čas seřízení při obrábění jedné výrobní dávky – **5 hodin.** Na jeden kus zálisku připadá 4,2s.

Skutečný čas výroby jedné výrobní dávky – **95 hodin 53 minut = 345 312s**.

Čas výroby jednoho kusu zálisku na obráběcí dílně dle skutečnosti byl 79,93 sekund

	výrobní čas - 50ks [s]	výrobní čas - 1ks [s]	výrobní čas - 4320ks		
			[s]	[h]	[směny]
pila	120	2,4	10368	2h 53minut	0,36
CNC frézka	3041,67	60,83	262800	73 h	10
výměna přípravků	625	12,5	54000	15	2
seřízení stroje	210	4,2	18144	5	0,63

Tabulka 6 Skutečný čas výroby jedné výrobní dávky

7.1.2 Naměřené hodnoty – měřící protokoly

Všechny následující hodnoty v tabulkách byly naměřené analogovými mikrometry a digitálními posuvnými měřidly délek.

Použité měřící přístroje

Posuvné měřidlo digitální	0 – 150mm	0,01mm
Mikrometr analogový	0 – 25mm	0,001mm

Obr. 22 Digitální posuvné měřidlo

Obr. 23 Analogový mikrometr

Výpočet aritmetického průměru a směrodatné odchylky z naměřených hodnot

Aritmetický průměr – součet všech naměřených hodnot dělený jejich počtem.

$$\overline{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$$

Směrodatná odchylka - kvadratický průměr odchylek hodnot znaku od jejich aritmetického průměru.

$$\mathbf{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}{n-1}}$$

Výsledky měřených hodnot TK při výstupní kontrole uvedené v tabulce 10 a 11:

Rozměr „a“ – tolerovaný rozměr $18^{+0,08}_{-0,02}$ 18,008 ± 0,005mm

Rozměr „b“ – tolerovaný rozměr $16^{+0,08}_{-0,02}$ 16,007 ± 0,003mm

Rozměr „c“ – tolerovaný rozměr $2{,}8^{+0,03}_{-0,12}$ 2,734 ± 0,005mm

Rozměr „d“ – tolerovaný rozměr $6^{+0}_{-0,04}$ 5,965 ± 0,001mm

Pracovní směna	Měření	Měřený rozměr	DMR	HMR	Naměřené hodnoty								
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
1	1	a	17,98	18,08	17,99	17,99	17,99	17,99	17,98	17,99	18,01	17,98	18,00
		b	15,98	16,08	16,00	16,01	16,01	16,01	16,00	16,01	16,00	15,99	15,99
		d	5,96	6,00	5,97	5,96	5,97	5,96	5,98	5,97	5,96	5,99	5,97
		c	2,68	2,83	2,76	2,76	2,76	2,75	2,76	2,74	2,74	2,76	2,71
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	2	a	17,98	18,08	18,00	18,01	18,01	18,00	18,02	18,00	18,00	18,00	17,99
		b	15,98	16,08	16,01	16,01	16,02	16,02	16,01	16,01	16,02	16,01	16,01
		d	5,96	6,00	5,96	5,97	5,97	5,96	5,98	5,96	5,97	5,97	5,98
		c	2,68	2,83	2,76	2,75	2,71	2,75	2,78	2,70	2,74	2,75	2,71
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	3	a	17,98	18,08	18,01	18,01	18,00	18,00	18,00	18,02	18,02	17,99	18,01
		b	15,98	16,08	16,00	16,01	16,01	16,02	16,01	16,01	15,99	16,00	16,00
		d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,97	5,96	5,97	5,96	5,97	5,99	5,99
		c	2,68	2,83	2,75	2,74	2,71	2,72	2,70	2,74	2,76	2,74	2,75
2					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	1	a	17,98	18,08	18,00	18,02	18,00	18,03	18,01	18,01	18,02	18,00	18,00
		b	15,98	16,08	16,01	16,01	16,01	16,00	16,02	16,01	16,02	16,02	16,02
		d	5,96	6,00	5,98	5,96	5,96	5,97	5,96	5,96	5,99	5,98	5,98
		c	2,68	2,83	2,69	2,75	2,73	2,74	2,74	2,75	2,73	2,71	2,74
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	2	a	17,98	18,08	18,01	18,02	18,02	17,98	18,00	18,00	18,00	18,02	18,00
		b	15,98	16,08	15,98	16,01	16,00	16,02	16,01	16,02	16,02	16,00	16,01
		d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,97	5,96	5,96	5,96	5,98	5,98	5,99
		c	2,68	2,83	2,75	2,74	2,74	2,72	2,74	2,74	2,74	2,75	2,75
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	3	a	17,98	18,08	17,99	18,00	18,01	18,01	18,01	18,02	18,01	18,00	18,02
		b	15,98	16,08	16,01	16,20	16,02	16,01	16,03	16,02	16,02	16,01	16,02
		d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,97	5,99	5,99	5,99	5,99	5,98	5,99
		c	2,68	2,83	2,76	2,75	2,74	2,76	2,76	2,75	2,75	2,74	2,75
3					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	1	a	17,98	18,08	18,02	18,03	18,02	18,03	18,02	18,03	18,03	18,04	18,02
		b	15,98	16,08	16,03	16,03	16,02	16,04	16,03	16,03	16,03	16,03	16,03
		d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,98	5,98	5,98	5,98	5,97	5,99	5,99
		c	2,68	2,83	2,75	2,76	2,75	2,76	2,73	2,75	2,76	2,75	2,75
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	2	a	17,98	18,08	18,01	17,99	18,03	18,02	18,01	18,03	18,02	18,02	18,01
		b	15,98	16,08	16,01	16,00	15,99	16,02	16,01	16,01	16,01	16,01	16,02
		d	5,96	6,00	5,99	5,98	5,99	5,98	5,99	5,98	5,98	5,99	5,98
		c	2,68	2,83	2,75	2,75	2,74	2,74	2,75	2,75	2,74	2,76	2,75
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	3	a	17,98	18,08	18,02	18,03	18,02	18,01	18,00	18,02	18,02	18,02	18,01
		b	15,98	16,08	16,01	16,02	16,01	16,02	16,03	16,02	16,03	16,03	16,02
		d	5,96	6,00	5,99	5,98	5,98	5,97	5,97	5,97	5,98	5,98	5,97
		c	2,68	2,83	2,76	2,75	2,74	2,74	2,73	2,74	2,75	2,75	2,74
4					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	1	a	17,98	18,08	18,01	17,99	17,99	18,01	18,00	18,00	18,00	18,01	18,00
		b	15,98	16,08	16,00	15,99	16,01	16,01	16,00	15,99	16,02	16,01	16,01
		d	5,96	6,00	5,98	5,98	5,98	5,98	5,96	5,97	5,96	5,97	5,97
		c	2,68	2,83	2,75	2,74	2,74	2,74	2,72	2,75	2,74	2,75	2,76
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	2	a	17,98	18,08	18,00	18,00	18,01	18,00	17,99	18,01	18,02	17,99	18,03
		b	15,98	16,08	16,00	16,00	16,01	16,01	16,01	15,99	16,00	16,01	16,01
		d	5,96	6,00	5,97	5,97	5,99	5,97	5,97	5,97	5,97	5,96	5,96
		c	2,68	2,83	2,77	2,76	2,76	2,71	2,72	2,73	2,71	2,75	2,75
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	3	a	17,98	18,08	17,98	17,98	18,00	17,99	18,00	18,01	18,00	18,00	18,01
		b	15,98	16,08	15,99	15,98	15,99	15,98	15,98	15,98	15,99	15,99	15,99
		d	5,96	6,00	5,98	5,98	5,97	5,97	5,97	5,97	5,96	5,97	5,96
		c	2,68	2,83	2,71	2,70	2,75	2,73	2,78	2,75	2,76	2,71	2,74

Tabulka 7 Naměřené hodnoty operátorem – 4 parametry – 1.část

Pracovní směna	Měření	Měřený rozměr	DMR	HMR	Naměřené hodnoty								
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	1	a	17,98	18,08	17,99	18,01	18,00	18,00	18,00	17,99	18,00	18,00	18,01
		b	15,98	16,08	15,99	15,99	16,00	15,99	15,99	15,99	16,01	15,99	15,99
		d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,97	5,99	5,99	5,97	5,98	5,98	5,97
		c	2,68	2,83	2,75	2,75	2,74	2,72	2,76	2,75	2,73	2,75	2,70
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	2	a	17,98	18,08	18,01	18,01	18,02	18,02	18,02	18,02	18,02	18,01	18,00
		b	15,98	16,08	16,00	16,00	16,01	16,01	16,02	16,00	16,00	16,00	16,02
		d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,98	5,97	5,97	5,98	5,98	5,98	5,97
		c	2,68	2,83	2,74	2,73	2,75	2,74	2,75	2,74	2,75	2,74	2,75
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	3	a	17,98	18,08	18,01	18,02	18,01	18,00	18,01	18,00	18,00	18,02	18,03
		b	15,98	16,08	16,01	16,02	16,01	16,01	15,99	16,00	16,01	16,00	16,00
		d	5,96	6,00	5,97	5,97	5,98	5,97	5,98	5,98	5,98	5,97	5,97
		c	2,68	2,83	2,73	2,74	2,75	2,74	2,73	2,75	2,75	2,74	2,74
6					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	1	a	17,98	18,08	18,01	18,02	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,01	18,00
		b	15,98	16,08	16,00	16,01	16,02	16,00	16,00	16,01	15,99	16,00	16,00
		d	5,96	6,00	5,97	5,98	5,98	5,97	5,99	5,97	5,97	5,99	5,99
		c	2,68	2,83	2,75	2,73	2,74	2,74	2,72	2,74	2,75	2,74	2,73
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	2	a	17,98	18,08	18,01	18,00	18,00	18,01	18,02	18,01	18,01	18,02	18,01
		b	15,98	16,08	16,00	15,99	15,99	16,00	16,00	15,99	16,01	16,01	16,00
		d	5,96	6,00	5,97	5,97	5,98	5,98	5,97	5,99	5,98	5,98	5,98
		c	2,68	2,83	2,74	2,74	2,75	2,75	2,74	2,73	2,74	2,74	2,74
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	3	a	17,98	18,08	18,01	18,02	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,01	18,02
		b	15,98	16,08	15,99	16,00	16,00	15,99	16,01	16,01	16,01	16,02	16,02
		d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,98	5,98	5,99	5,98	5,97	5,98	5,98
		c	2,68	2,83	2,75	2,74	2,74	2,75	2,74	2,74	2,75	2,73	2,73
7					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	1	a	17,98	18,08	18,02	18,00	18,00	18,01	18,02	18,01	18,01	18,02	18,03
		b	15,98	16,08	15,99	15,99	16,00	16,01	16,02	15,99	16,03	16,01	16,03
		d	5,96	6,00	5,97	5,98	5,98	5,98	5,99	5,97	5,97	5,99	5,98
		c	2,68	2,83	2,72	2,74	2,71	2,75	2,74	2,73	2,74	2,72	2,71
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	2	a	17,98	18,08	18,00	18,00	18,02	17,99	17,99	18,01	18,02	18,01	18,01
		b	15,98	16,08	15,98	15,99	15,98	15,98	15,99	16,00	16,00	16,00	15,98
		d	5,96	6,00	5,96	5,98	5,96	5,96	5,97	5,98	5,97	5,96	5,96
		c	2,68	2,83	2,77	2,77	2,75	2,70	2,71	2,70	2,78	2,77	2,76
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	3	a	17,98	18,08	18,02	17,98	18,00	18,00	17,99	18,00	18,01	18,01	18,00
		b	15,98	16,08	16,00	16,02	16,01	16,00	16,01	16,00	16,01	16,03	16,01
		d	5,96	6,00	5,97	5,97	5,96	5,96	5,97	5,97	5,97	5,97	5,96
		c	2,68	2,83	2,75	2,76	2,76	2,73	2,75	2,75	2,77	2,75	2,76
8					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	1	a	17,98	18,08	17,99	18,00	18,01	17,99	18,00	18,00	18,00	17,99	17,99
		b	15,98	16,08	16,01	16,00	16,00	16,01	16,00	16,00	16,01	16,00	16,00
		d	5,96	6,00	5,96	5,96	5,96	5,96	5,97	5,96	5,96	5,96	5,97
		c	2,68	2,83	2,71	2,72	2,74	2,74	2,78	2,77	2,71	2,72	2,74
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	2	a	17,98	18,08	18,02	18,01	18,02	18,03	18,01	18,01	18,02	18,00	18,02
		b	15,98	16,08	15,99	15,99	16,00	16,00	16,00	16,00	16,01	16,01	16,00
		d	5,96	6,00	5,97	5,97	5,98	5,98	5,98	5,99	5,99	5,97	5,97
		c	2,68	2,83	2,72	2,71	2,75	2,73	2,74	2,72	2,75	2,75	2,74
					1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus
	3	a	17,98	18,08	18,02	18,01	18,01	17,99	18,00	17,99	18,00	18,00	18,00
		b	15,98	16,08	15,99	16,00	16,00	16,00	16,01	16,01	16,00	15,99	16,00
		d	5,96	6,00	5,97	5,97	5,98	5,98	5,98	5,99	5,98	5,98	5,99
		c	2,68	2,83	2,73	2,74	2,75	2,73	2,72	2,74	2,75	2,74	2,74

Tabulka 8 Naměřené hodnoty operátorem – 4 parametry – 2.část

Kus	1.PS	2.PS	3.PS	4.PS	5.PS	6.PS	7.PS	8.PS
1	18,00	17,99	18,01	18,00	18,01	18,01	17,99	18,01
2	18,00	17,99	18,00	18,02	18,02	18,00	18,01	18,02
3	18,00	17,99	18,02	18,02	18,00	18,00	18,01	18,02
4	18,00	17,99	18,00	18,02	18,00	18,00	18,00	18,02
5	17,99	18,00	17,99	18,00	18,00	18,02	18,02	18,01
6	18,01	18,00	18,00	17,99	18,01	18,03	18,05	18,00
7	18,00	18,01	18,03	18,03	18,02	18,01	18,01	18,00
8	18,02	18,01	18,01	18,02	18,00	18,00	18,01	18,01
9	18,01	18,01	18,00	18,01	18,02	18,02	18,01	18,02
10	18,01	18,01	18,00	18,01	18,01	18,03	18,01	18,00
11	18,03	18,02	18,00	18,00	18,02	18,01	18,00	18,00
12	18,01	18,01	18,01	18,00	18,03	18,00	18,00	18,01
13	18,00	18,00	17,99	18,02	18,00	18,01	18,03	18,02
14	18,00	18,01	18,01	18,00	18,01	18,01	18,00	18,01
15	18,02	18,00	18,00	18,00	18,00	18,02	17,99	18,01
16	18,02	18,01	18,01	18,00	18,00	18,02	18,02	18,01
17	18,01	18,02	18,00	18,03	18,01	18,02	17,99	18,02
18	18,00	18,01	18,01	18,00	18,02	18,01	18,00	18,00
19	18,00	18,03	18,01	18,02	18,03	18,03	18,00	18,01
20	18,00	18,02	17,99	18,01	18,01	18,02	18,00	18,03
21	17,99	18,01	18,01	18,00	18,01	18,02	18,02	17,99
22	18,01	18,01	18,00	18,01	18,02	18,02	18,01	18,00
23	18,01	18,02	18,00	18,02	18,02	18,02	18,03	18,00
24	18,00	18,01	17,99	18,01	18,01	18,01	17,98	18,01
25	17,99	18,01	18,01	18,01	18,02	18,01	18,00	18,02
26	18,01	18,02	18,02	18,02	18,00	18,02	18,01	18,00
27	18,02	18,02	18,00	17,99	18,00	18,02	18,02	18,01
28	18,00	18,03	18,01	17,99	18,00	18,01	18,01	18,02
29	18,01	18,01	18,00	18,01	18,02	18,02	18,00	18,01
30	18,01	18,02	17,99	18,01	18,01	18,01	18,01	18,03
31	18,00	18,01	18,00	18,01	18,01	18,00	18,01	18,02
32	18,00	18,02	18,00	18,02	18,01	18,01	18,02	18,03
33	18,01	18,02	18,01	18,02	18,02	18,01	18,03	18,02
34	18,00	18,02	18,00	18,01	18,00	18,01	18,00	18,02
35	18,00	18,01	18,01	17,99	18,00	18,03	18,00	18,03
36	17,98	18,02	18,01	18,01	18,00	18,00	18,01	18,01
37	18,01	18,01	18,01	18,02	18,00	18,00	18,01	18,00
38	18,00	18,02	18,01	18,00	18,01	18,00	18,00	18,00
39	18,00	18,01	18,00	18,00	18,01	18,02	18,00	18,00
40	18,01	18,02	18,00	18,01	18,00	18,01	18,02	17,99
41	18,03	18,01	17,99	18,00	18,00	18,02	18,02	18,01
42	18,00	18,01	18,00	18,01	18,01	18,01	18,01	18,02
43	18,00	18,01	18,00	18,01	18,00	18,02	18,01	18,01
44	18,02	18,02	18,01	18,01	18,00	18,01	17,99	18,01
45	18,00	18,01	18,01	18,01	18,01	18,01	18,00	18,02
46	18,01	18,02	18,00	18,03	18,02	18,02	18,01	18,01
47	18,00	18,02	18,00	18,02	18,02	18,01	18,03	18,00
48	18,00	18,01	18,00	18,01	18,01	18,02	18,03	18,00
49	18,01	18,01	18,01	18,02	18,02	18,02	17,99	18,00
50	18,00	18,02	18,01	18,01	18,02	18,01	18,02	18,00

Tabulka 9 Naměřené hodnoty operátorem – tolerovaný rozměr 18 mm

Pracovní směna	Měřený rozměr	DMR	HMR	Naměřené hodnoty									
				1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus	10.kus
	c	2,68	2,83	2,73	2,75	2,73	2,74	2,74	2,74	2,75	2,74	2,70	2,71
	d	5,96	6,00	5,98	5,96	5,96	5,95	5,96	5,96	5,96	5,97	5,96	5,97
	b	15,98	16,08	16,02	16,01	16,00	16,02	16,00	16,00	16,02	16,00	16,01	16,02
	a	17,98	18,08	18,00	17,99	17,99	18,00	18,01	17,99	18,01	18,01	18,00	18,00
				11.kus	12.kus	13.kus	14.kus	15.kus	16.kus	17.kus	18.kus	19.kus	20.kus
	c	2,68	2,83	2,73	2,76	2,75	2,72	2,71	2,72	2,69	2,72	2,75	2,74
1	d	5,96	6,00	5,96	5,95	5,96	5,96	5,96	5,95	5,96	5,95	5,97	5,96
	b	15,98	16,08	16,00	15,99	16,02	16,01	16,00	16,00	16,01	16,00	16,00	16,00
	a	17,98	18,08	18,00	17,99	18,01	18,01	17,98	18,01	18,00	18,00	18,00	18,00
				21.kus	22.kus	23.kus	24.kus	25.kus	26.kus	27.kus	28.kus	29.kus	30.kus
	c	2,68	2,83	2,72	2,76	2,74	2,71	2,69	2,75	2,75	2,69	2,74	2,73
	d	5,96	6,00	5,96	5,96	5,96	5,96	5,96	5,97	5,96	5,98	5,96	5,97
	b	15,98	16,08	16,01	16,01	16,00	16,02	16,01	16,01	16,01	16,02	16,00	16,00
	a	17,98	18,08	17,98	18,00	18,00	18,01	17,99	18,01	18,01	18,00	18,00	17,99
				1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus	10.kus
	c	2,68	2,83	2,75	2,76	2,77	2,75	2,77	2,77	2,77	2,76	2,76	2,77
	d	5,96	6,00	5,97	5,97	5,97	5,96	5,96	5,97	5,95	5,97	5,97	5,99
	b	15,98	16,08	16,03	16,03	16,02	16,02	16,02	16,00	16,01	16,01	16,00	16,00
	a	17,98	18,08	18,01	18,01	18,00	18,01	18,01	18,01	18,00	18,00	18,00	18,01
				11.kus	12.kus	13.kus	14.kus	15.kus	16.kus	17.kus	18.kus	19.kus	20.kus
	c	2,68	2,83	2,77	2,77	2,76	2,75	2,77	2,77	2,73	2,78	2,76	2,78
2	d	5,96	6,00	5,96	5,96	5,95	5,97	5,96	5,96	5,96	5,97	5,97	5,99
	b	15,98	16,08	16,02	16,01	16,03	16,02	16,02	16,03	16,02	16,03	16,03	16,01
	a	17,98	18,08	18,01	18,01	18,02	18,00	18,02	18,02	18,00	18,03	18,02	18,01
				21.kus	22.kus	23.kus	24.kus	25.kus	26.kus	27.kus	28.kus	29.kus	30.kus
	c	2,68	2,83	2,76	2,74	2,75	2,76	2,77	2,77	2,78	2,73	2,75	2,79
	d	5,96	6,00	5,97	5,95	5,96	5,96	5,96	5,95	5,97	6,00	5,96	5,97
	b	15,98	16,08	16,02	16,01	16,02	16,02	16,01	16,02	16,01	16,02	16,02	16,03
	a	17,98	18,08	18,00	18,01	18,01	18,00	18,01	18,02	18,03	18,01	17,99	18,01
				1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus	10.kus
	c	2,68	2,83	2,70	2,71	2,73	2,73	2,70	2,73	2,68	2,79	2,72	2,73
	d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,97	5,96	5,98	5,96	5,98	5,96	5,99	5,98
	b	15,98	16,08	16,00	16,02	16,01	16,03	16,03	16,01	16,01	16,01	16,02	16,02
	a	17,98	18,08	17,98	18,01	18,01	18,00	18,01	18,02	18,01	18,02	17,99	18,02
				11.kus	12.kus	13.kus	14.kus	15.kus	16.kus	17.kus	18.kus	19.kus	20.kus
	c	2,68	2,83	2,72	2,73	2,72	2,75	2,71	2,71	2,71	2,71	2,73	2,76
3	d	5,96	6,00	6,00	5,97	5,96	5,97	5,96	5,98	5,97	5,96	5,97	5,96
	b	15,98	16,08	16,01	16,01	16,02	16,00	16,01	16,01	16,00	16,02	16,01	16,01
	a	17,98	18,08	18,02	18,00	18,00	17,99	18,00	17,99	18,01	18,01	18,03	18,02
				21.kus	22.kus	23.kus	24.kus	25.kus	26.kus	27.kus	28.kus	29.kus	30.kus
	c	2,68	2,83	2,68	2,74	2,74	2,72	2,71	2,70	2,73	2,73	2,79	2,73
	d	5,96	6,00	6,00	5,97	5,96	5,96	5,96	5,98	5,97	5,96	5,96	5,96
	b	15,98	16,08	16,02	16,03	16,03	16,02	16,01	16,01	16,01	16,00	16,01	16,00
	a	17,98	18,08	18,00	18,00	18,02	18,00	18,02	18,01	18,00	17,99	18,02	18,00
				1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus	10.kus
	c	2,68	2,83	2,68	2,68	2,70	2,73	2,71	2,73	2,72	2,71	2,73	2,69
	d	5,96	6,00	5,98	5,96	5,97	5,96	5,98	5,96	5,98	5,96	5,95	5,99
	b	15,98	16,08	16,03	16,01	16,02	16,01	16,00	16,01	16,00	16,01	16,01	16,02
	a	17,98	18,08	18,00	18,02	18,02	18,02	18,01	18,01	18,01	18,02	18,02	18,03
				11.kus	12.kus	13.kus	14.kus	15.kus	16.kus	17.kus	18.kus	19.kus	20.kus
	c	2,68	2,83	2,72	2,73	2,72	2,72	2,70	2,72	2,73	2,71	2,71	2,72
4	d	5,96	6,00	5,96	5,95	5,96	5,96	5,96	5,97	5,96	5,98	5,98	5,96
	b	15,98	16,08	16,02	16,01	16,02	16,03	16,03	16,02	16,01	16,01	16,01	16,02
	a	17,98	18,08	18,00	18,00	18,03	18,02	18,00	17,99	18,00	18,01	18,02	18,00
				21.kus	22.kus	23.kus	24.kus	25.kus	26.kus	27.kus	28.kus	29.kus	30.kus
	c	2,68	2,83	2,70	2,71	2,71	2,69	2,71	2,74	2,72	2,69	2,68	2,71
	d	5,96	6,00	5,97	5,96	5,96	5,96	5,99	5,97	5,96	5,95	5,97	5,98
	b	15,98	16,08	16,02	16,01	16,02	16,01	16,03	16,01	16,03	16,02	16,01	16,01
	a	17,98	18,08	17,99	17,99	17,99	18,02	18,02	18,03	18,02	18,01	18,01	18,01

Tabulka 10 Naměřené hodnoty kontrolorem – 4 parametry – 1.část

Pracovní směna	Měřený rozměr	DMR	HMR	Naměřené hodnoty									
				1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus	10.kus
	c	2,68	2,83	2,79	2,79	2,75	2,74	2,74	2,72	2,69	2,73	2,74	2,73
	d	5,96	6,00	5,97	5,96	5,97	5,99	5,97	5,96	5,96	5,97	5,97	5,97
	b	15,98	16,08	16,00	15,99	16,00	15,99	16,00	16,00	16,00	16,01	16,02	16,02
	a	17,98	18,08	18,01	18,00	18,01	18,01	18,00	18,01	18,01	17,99	17,99	18,00
				11.kus	12.kus	13.kus	14.kus	15.kus	16.kus	17.kus	18.kus	19.kus	20.kus
	c	2,68	2,83	2,72	2,73	2,75	2,73	2,74	2,74	2,71	2,75	2,73	2,68
5	d	5,96	6,00	5,98	5,97	5,97	5,97	5,98	5,96	5,96	5,99	5,97	5,96
	b	15,98	16,08	15,99	15,98	15,98	16,01	16,01	15,99	16,00	16,01	16,03	16,00
	a	17,98	18,08	18,00	17,99	18,01	18,01	18,00	18,00	18,01	18,00	18,02	18,00
				21.kus	22.kus	23.kus	24.kus	25.kus	26.kus	27.kus	28.kus	29.kus	30.kus
	c	2,68	2,83	2,76	2,77	2,76	2,76	2,75	2,73	2,71	2,71	2,74	2,73
	d	5,96	6,00	5,96	5,98	5,96	5,96	5,98	5,96	5,97	5,97	5,95	6,00
	b	15,98	16,08	15,98	16,01	16,02	15,98	16,02	16,02	15,99	16,02	16,04	15,99
	a	17,98	18,08	18,03	18,04	18,02	18,01	18,03	18,02	18,02	18,02	18,01	18,01
				1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus	10.kus
	c	2,68	2,83	2,72	2,75	2,75	2,75	2,73	2,76	2,72	2,73	2,71	2,74
	d	5,96	6,00	5,97	5,96	5,96	5,96	5,99	5,96	5,95	5,96	5,96	5,96
	b	15,98	16,08	15,98	15,99	16,00	15,99	16,01	16,00	16,02	15,99	16,00	16,00
	a	17,98	18,08	18,02	18,02	18,03	18,01	18,03	18,00	17,99	18,03	18,01	18,01
				11.kus	12.kus	13.kus	14.kus	15.kus	16.kus	17.kus	18.kus	19.kus	20.kus
	c	2,68	2,83	2,75	2,72	2,73	2,75	2,77	2,73	2,68	2,73	2,76	2,74
6	d	5,96	6,00	5,96	5,97	5,96	5,95	5,96	5,96	5,96	5,96	5,96	5,97
	b	15,98	16,08	16,00	16,01	15,99	16,01	15,99	16,00	15,99	16,01	16,00	16,01
	a	17,98	18,08	18,02	18,02	18,00	18,02	18,00	18,02	17,99	18,00	18,00	18,02
				21.kus	22.kus	23.kus	24.kus	25.kus	26.kus	27.kus	28.kus	29.kus	30.kus
	c	2,68	2,83	2,74	2,69	2,75	2,75	2,68	2,72	2,74	2,73	2,69	2,72
	d	5,96	6,00	5,96	5,97	5,96	5,97	5,99	5,97	5,96	5,95	5,96	5,96
	b	15,98	16,08	15,99	16,01	16,02	16,03	16,01	16,00	15,99	16,01	16,00	16,00
	a	17,98	18,08	18,00	18,00	18,00	18,00	17,99	18,01	17,99	18,02	18,00	18,00
				1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus	10.kus
	c	2,68	2,83	2,76	2,74	2,75	2,76	2,69	2,74	2,75	2,75	2,75	2,73
	d	5,96	6,00	5,96	5,95	5,95	5,97	5,96	5,96	5,96	5,95	5,97	5,97
	b	15,98	16,08	15,99	16,00	15,99	15,99	16,00	16,01	15,99	16,01	16,01	15,99
	a	17,98	18,08	17,99	18,01	18,00	18,02	18,02	18,01	18,01	18,01	18,00	18,02
				11.kus	12.kus	13.kus	14.kus	15.kus	16.kus	17.kus	18.kus	19.kus	20.kus
	c	2,68	2,83	2,74	2,72	2,74	2,75	2,74	2,73	2,74	2,77	2,77	2,74
7	d	5,96	6,00	5,96	5,96	5,95	5,96	5,96	5,96	5,97	5,96	5,96	5,96
	b	15,98	16,08	16,01	15,98	16,00	16,01	16,01	16,00	15,99	16,00	16,01	15,98
	a	17,98	18,08	17,99	18,00	18,01	18,02	18,01	18,02	18,01	18,00	18,00	17,99
				21.kus	22.kus	23.kus	24.kus	25.kus	26.kus	27.kus	28.kus	29.kus	30.kus
	c	2,68	2,83	2,73	2,74	2,74	2,74	2,73	2,72	2,72	2,69	2,75	2,72
	d	5,96	6,00	5,96	5,97	5,95	5,97	5,96	5,96	5,96	5,96	5,96	5,97
	b	15,98	16,08	15,98	16,01	15,99	15,99	16,01	15,99	16,00	16,00	15,99	15,99
	a	17,98	18,08	18,02	18,02	18,03	18,00	17,99	18,01	18,02	18,01	18,01	18,01
				1.kus	2.kus	3.kus	4.kus	5.kus	6.kus	7.kus	8.kus	9.kus	10.kus
	c	2,68	2,83	2,76	2,74	2,75	2,76	2,69	2,74	2,75	2,75	2,75	2,73
	d	5,96	6,00	5,96	5,95	5,95	5,97	5,96	5,96	5,96	5,95	5,97	5,97
	b	15,98	16,08	15,99	16,00	15,99	15,99	16,00	16,01	15,99	16,01	16,01	15,99
	a	17,98	18,08	17,99	18,01	18,00	18,02	18,02	18,01	18,01	18,01	18,00	18,02
				11.kus	12.kus	13.kus	14.kus	15.kus	16.kus	17.kus	18.kus	19.kus	20.kus
	c	2,68	2,83	2,74	2,72	2,74	2,75	2,74	2,73	2,74	2,77	2,77	2,74
8	d	5,96	6,00	5,96	5,96	5,95	5,96	5,96	5,96	5,97	5,96	5,96	5,96
	b	15,98	16,08	16,01	15,98	16,00	16,01	16,01	16,00	15,99	16,00	16,01	15,98
	a	17,98	18,08	17,99	18,00	18,01	18,02	18,01	18,02	18,01	18,00	18,00	17,99
				21.kus	22.kus	23.kus	24.kus	25.kus	26.kus	27.kus	28.kus	29.kus	30.kus
	c	2,68	2,83	2,73	2,74	2,74	2,74	2,73	2,72	2,72	2,69	2,75	2,72
	d	5,96	6,00	5,96	5,97	5,95	5,97	5,96	5,96	5,96	5,96	5,96	5,97
	b	15,98	16,08	15,98	16,01	15,99	15,99	16,01	15,99	16,00	16,00	15,99	15,99
	a	17,98	18,08	18,02	18,02	18,03	18,00	17,99	18,01	18,02	18,01	18,01	18,01

Tabulka 11 Naměřené hodnoty kontrolorem – 4 parametry – 2.část

7.1.3 Kalkulace celkových nákladů dle skutečnosti

Cena tabule i s řezáním vodním paprskem a dopravou - 38.647,-Kč bez DPH ≈ 8,95Kč

Zisk z prodeje měděného odpadu v podobě třísek – 80Kč/kg = 7861,76Kč ≈ 1,82Kč/ks

Odečteme z nákladů na materiál 8,95 – 1,82 ≈ **7,13Kč**

Výroba dílu na obrobně – řezání, vrtání a frézování včetně manipulačního času (500Kč/výrobní hodina) ≈ **11,7Kč**

Odstranění otřepů ≈ **0,80Kč**

Povrchová úprava galvanickým cínováním včetně dopravy ≈ **1,55Kč**

Výroba a nákup nástrojů – 5876Kč ≈ **1,36Kč**

Výroba přípravků použitelných na cca 13 výrobních dávek – náklady na sadu 60000Kč = 4615Kč na výrobní dávku ≈ **1,07Kč**

Skutečné celkové náklady 23,08 Kč/ks při nákladech na výrobní hodinu včetně režií 500Kč/h

	materiál vč.řezání vodním	obrábění - pila, CNC frézka	odstranění otřepů	galvanické cínování	nástroje	přípravky	celkem
celkové náklady na výrobní dávku	30 785,24	48 254	3 456	6 696	5 876	4 615	99682,64
náklady na 1ks zálisku	7,13	11,17	0,8	1,55	1,36	1,07	23,08

Tabulka 12 Ekonomické zhodnocení výroby jedné výrobní dávky dle skutečnosti

ZÁVĚR

V praktické části Bakalářské práce byla popsána problematika výroby včetně cesty až k hotovým výrobkům a zhodnocení efektivnosti zvoleného postupu.

Nejprve proběhla předběžná teoretická kalkulace, kde se na základě navrženého výrobního postupu spočítaly náklady na nákup materiálu, výrobu přípravků, výrobu speciálních a nákup standardních nástrojů, výrobní náklady složené z mezd a nákladů na provoz použitých strojů.

Dle tohoto ekonomického zhodnocení byla zaslána nabídka a následně získána zakázka.

Mohla začít skutečná realizace projektu.

Dle zpracované technické dokumentace byly vyrobeny všechny přípravky nutné k obrábění na CNC stroji včetně základové desky, na kterou budou přípravky upnuty.

Byl zadán vývoj a následně výroba stupňovitého vrtáku a tvarové frézy včetně povrchových úprav v podobě povlaku pro optimální obrábění požadovaného materiálu.

Byl vytvořen CAM program pro obrábění dle navržených přípravků a nástrojů.

V kontrolním středisku byly navrženy všechny mezikontroly a závěrečné kontroly polotovarů a následně hotových obrobených dílů v průběhu výroby pro operátory i kontrolora.

Po uvedeném vývoji a výrobě v rámci technické přípravy výroby byla spuštěna realizace zakázky. Po ukončení výroby následovalo zhodnocení reálných dat s plánovanou kalkulací a kompletní rekapitulace celého výrobního procesu z technologického a ekonomického hlediska.

Závěr z této analýzy přinesl návrh na navýšení ceny pro zákazníka, protože ceny reálných nákladů byly vyšší než předpokládané. Především výrobní náklady z důvodu větších manipulačních časů, zapříčiněné především lidským faktorem. Technologický postup, navržené nástroje a přípravky byly v pořádku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] PÍŠEK, František, Ladislav JENÍČEK a Přemysl RYŠ, CENEK, Mojmír a Antonín HRBEK (eds.). *Nauka o materiálu*. 2., zcela přeprac. a rozš. vyd. Praha: Academia, 1973. ISBN 509-21-875.

[2] DVOŘÁK, CSC., Ing. Zdeněk a Ing. Romana LAMBOROVÁ. *Základy výrobních procesů: Konstrukční materiály - kovy* [online]. Zlín: Ministerstvo průmyslu České republiky, 2008 [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: http://www.utb.cz/file/40835/

[3] DVOŘÁK, CSC., Ing. Zdeněk a Ing. Romana LAMBOROVÁ. *Základy výrobních procesů: Výrobní technologie zpracování kovů* [online]. Zlín: Ministerstvo průmyslu České republiky, 2007 [cit. 2016-11-14]. Dostupné z: http://www.utb.cz/file/40838/

[4] MÜLLER, Ing. Miloslav a Mgr. Zdeněk PETRŽELA. *STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE: Část I.-II.* [online]. Olomouc, 2011 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: http://www.soje.cz/skola/studijni-materialy/item/174-strojni-mechanik

[5] BRYCHTA, Josef. *Nové směry v progresivním obrábění* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008 [cit. 2017-01-27]. ISBN 9788024815053. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO/texty.pdf

[6] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 8071833371.

[7] ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8

[8] POLÁŠEK, Ing. Jaromír. *Číslicově řízené stroje* [online]. [cit. 2017-01-29]. Dostupné z: http://docplayer.cz/3039410-Cislicove-rizene-stroje.html

[9] ZEMČÍK, CSC., Ing. Oskar. *Technologické procesy: část obrábění* [online]. Vysoké učení technické v Brně - Fakulta strojního inženýrství [cit. 2017-01-29]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/opory-save/TechnProcesy.pdf

[10] *Management měření* [online]. [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: http://www.mmspektrum.com/clanek/management-mereni.html

[11] *Kontrolní operace ve strojirenském reprodukčním procesu* [online]. [cit. 2017-01-30]. Dostupné z: http://www.mmspektrum.com/clanek/kontrolni-operace-ve-strojirenskem-reprodukcnim-procesu.html

[12] NENADÁL, Jaroslav. *Měření v systémech managementu jakosti*. Praha: Management Press, 2001. ISBN 8072610546.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Cu	měď
CuSn8	slitina mědi
Sn	cín
P	fosfor
TiN	titan nitrid
TiAlN	titan aluminium nitrid
CNC	Computer Numerical Control
CAM	Computer Aided Manufacturing
mm	milimetr
mm^2	milimetr čtvereční
kg	kilogram
ks	kus
g	gram
s	sekunda
h	hodina
D	průměr
n	otáčky
v_c	řezná rychlost
l	délka
š	šířka
Kč	korun českých
KOO	kooperace
V	výroba
MP	manipulační práce
CNC FR	CNC frézka

PS	pracovní směna
TK	technická kontrola
TD	technická dokumentace
DMR	dolní mez rozměru
HMR	horní mez rozměru

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Válcové frézování, a) nesousledné, b) sousledné……..…..14

Obr. 2 Zálisek před a po povrchové úpravě cínováním…….……..…33

Obr. 3 Plastový komponent se zalisovanými zálisky…….……..33

Obr. 4 Parametry zálisku…….….34

Obr. 5 Tvarová fréza……..…..….39

Obr. 6 Stupňovitý vrták……...39

Obr. 7 Schéma a obrázek vyměnitelné břitové destičky …….…..…..40

Obr. 8 Tyče nadělené vodním paprskem s abrazivem…….43

Obr. 9 Pásky nařezané pásovou pilou a připravené pro obrábění……44

Obr. 10 Přípravek na vrtání otvorů na základové desce……..…….....45

Obr. 11 Pásky upevněné v přípravku k operaci vrtání……..…...……45

Obr. 12 Operace vrtání……..…….……..46

Obr. 13 Frézovací přípravek na základové desce…….……..….46

Obr. 14 Připevněné pásky připravené k 1.programu frézování……..….47

Obr. 15 Frézování – úsek čelního obrábění, hrubování a dokončování – 1.program …...48

Obr. 16 Frézování – úsek obrábění tvarovou frézou - 1.program……..….48

Obr. 17 Frézování – 2.program……49

Obr. 18 Díly v přípravku po dokončení frézování……..….50

Obr. 19 Kalibr pro kontrolu průměru otvoru……..…….54

Obr. 20 Kalibr pro kontrolu průměru a hloubky zkosení otvoru……..…..55

Obr. 21 Měřené kontrolní hodnoty…….…….55

Obr. 22 Digitální posuvné měřidlo…….…..58

Obr. 23 Analogový mikrometr……...……..58

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Plánovaný odpad z výrobní dávky…….…….……35

Tabulka 2 Časový plán výroby jedné výrobní dávky…….…..……37

Tabulka 3 Ekonomické zhodnocení plánované výroby jedné výrobní dávky……..…..38

Tabulka 4 Technologický postup výroby…….……50

Tabulka 5 Kontrolované parametry zálisku……...……..56

Tabulka 6 Skutečný čas výroby jedné výrobní dávky……..57

Tabulka 7 Naměřené hodnoty operátorem – 4 parametry – 1.část…….……..……60

Tabulka 8 Naměřené hodnoty operátorem – 4 parametry – 2.část…….……..61

Tabulka 9 Naměřené hodnoty operátorem – tolerovaný rozměr 18mm…….….62

Tabulka 10 Naměřené hodnoty kontrolorem – 4 parametry – 1.část……..…….63

Tabulka 11 Naměřené hodnoty kontrolorem – 4 parametry – 2.část……..……....64

Tabulka 12 Ekonomické zhodnocení výroby jedné výrobní dávky dle skutečnosti…..…..65

SEZNAM PŘÍLOH

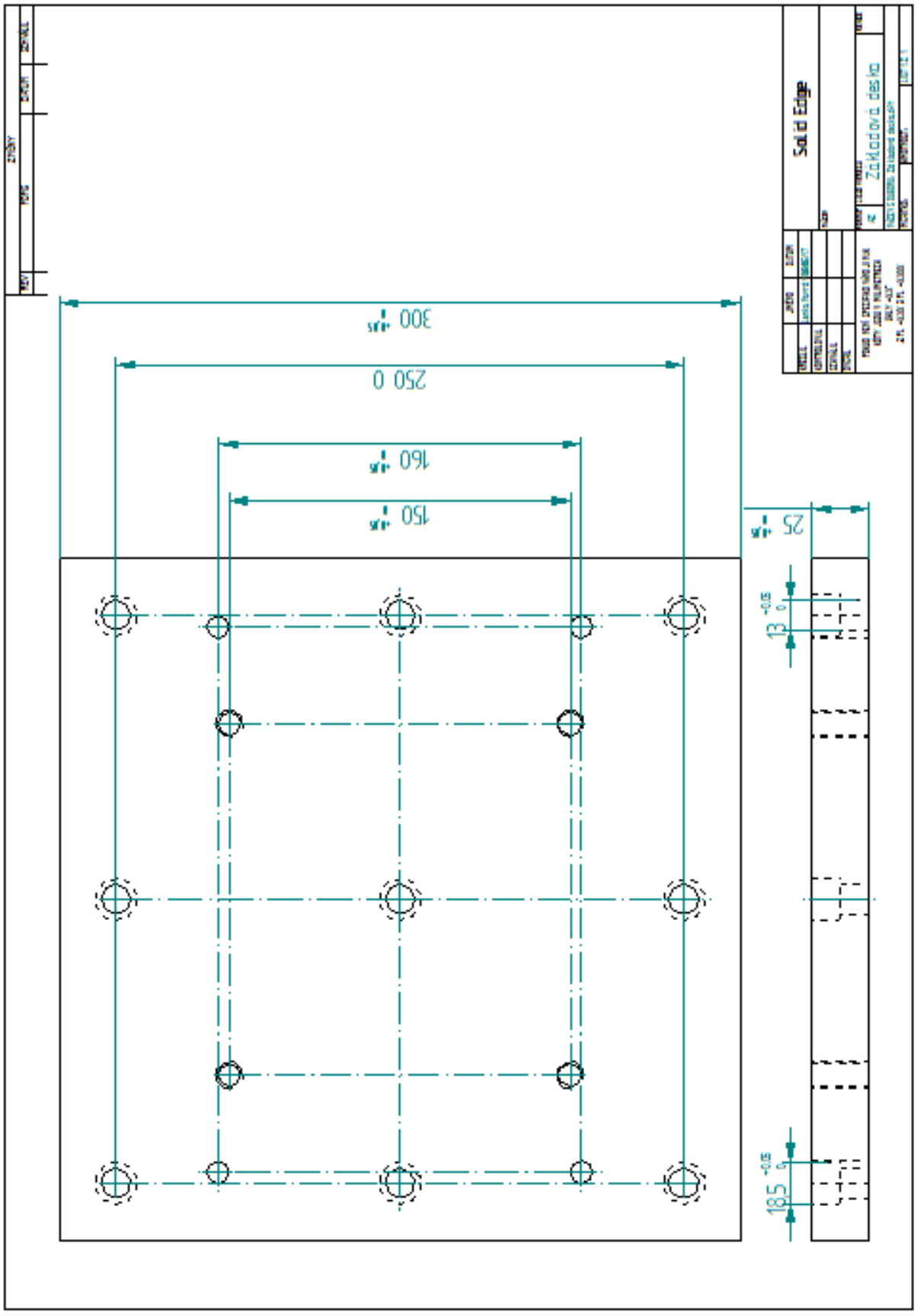
Příloha P I: výkres základové desky pro přípravky

Příloha P II: výkres ukládací desky pro vrtání

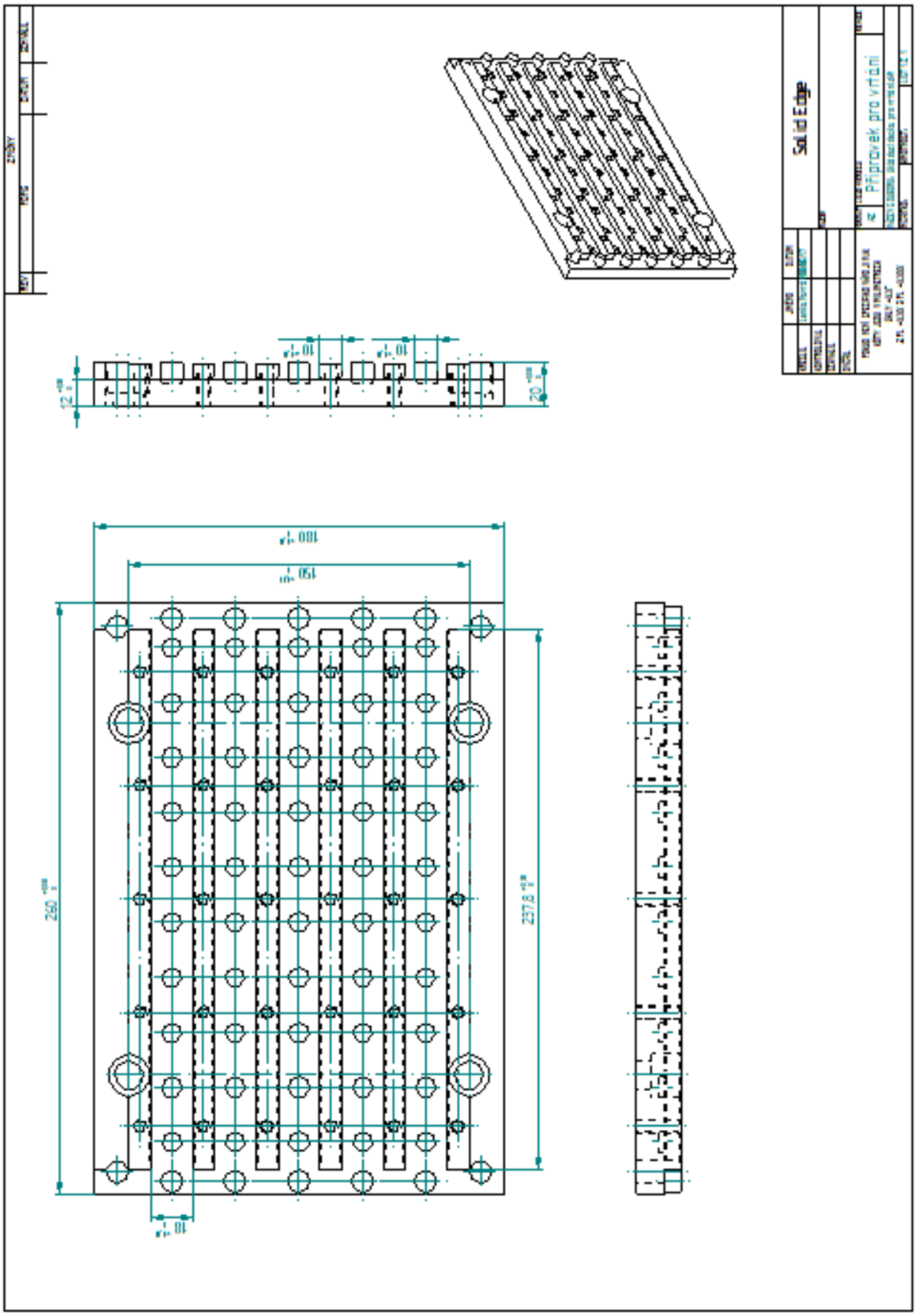
Příloha P III: výkres ukládací desky pro frézování

Příloha P IV: výkres víka pro frézování

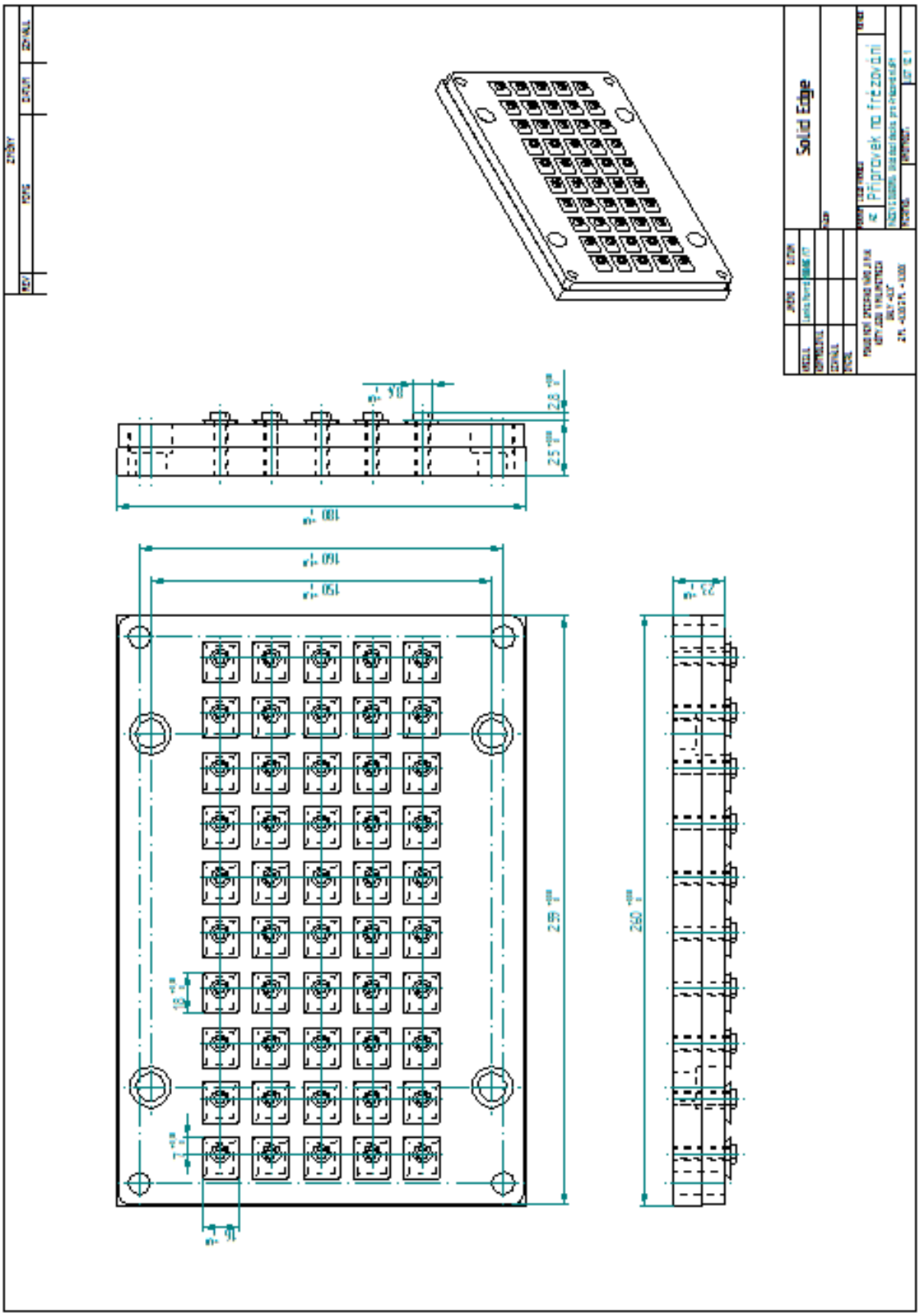
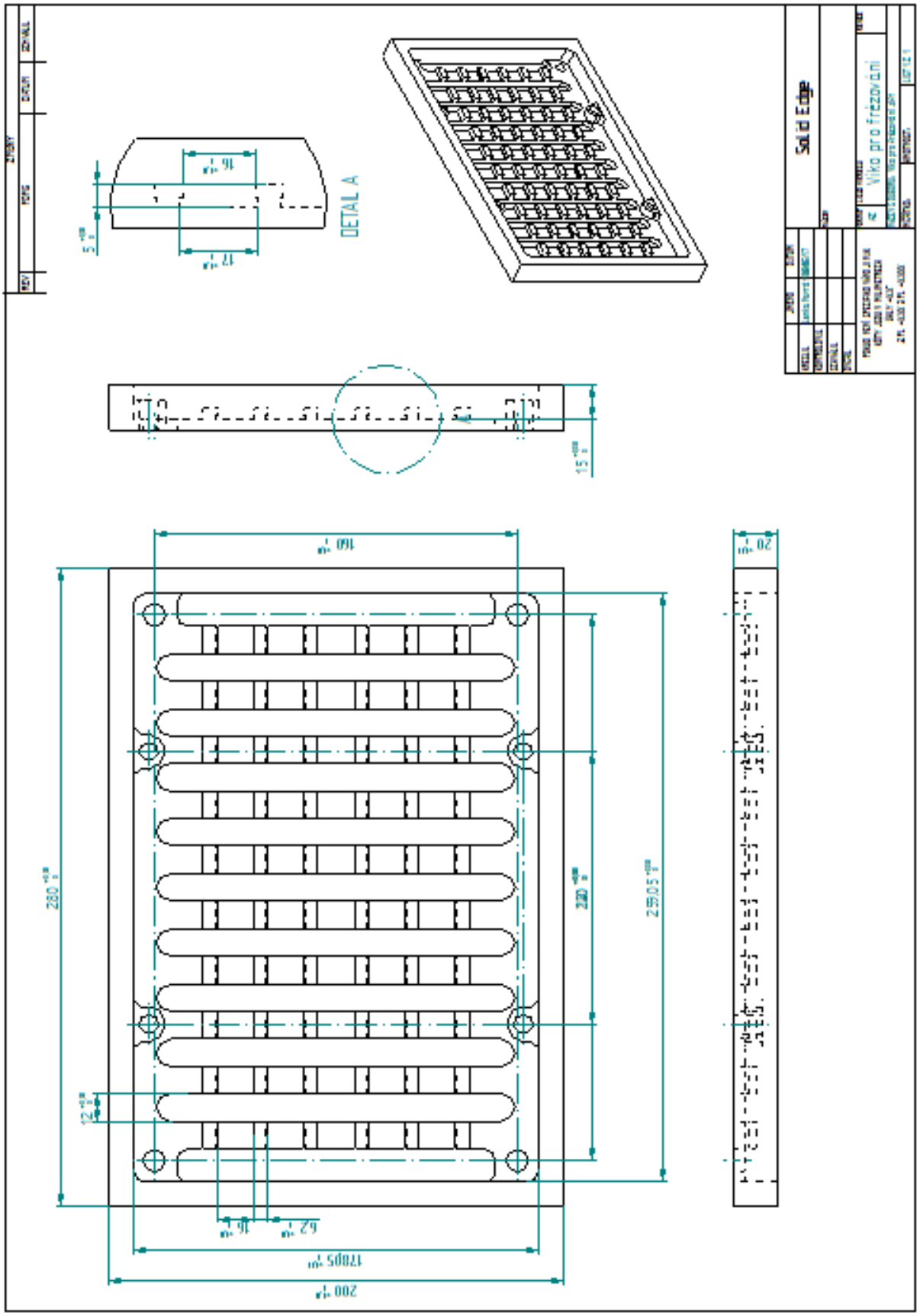
PŘÍLOHA P I: VÝKRES ZÁKLADOVÉ DESKY PRO PŘÍPRAVKY



PŘÍLOHA P II: VÝKRES UKLÁDACÍ DESKY PRO VRTÁNÍ



PŘÍLOHA P III: VÝKRES UKLÁDACÍ DESKY PRO FRÉZOVÁNÍ



PŘÍLOHA P IV: VÝKRES VÍKA PRO FRÉZOVÁNÍ