

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Akademický rok 2011/2012

Jiří Česánek

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Zabezpečování jakosti

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Metrologická podpora strojní sekačky dřevního odpadu

Autor: **Jiří Česánek**

Vedoucí práce: **Ing. Martin Melichar, PhD.**

Akademický rok 2011/2012

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....
podpis autora

Autorská práva

Podle Zákona o právu autorském č.35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků bakalářské práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně – technických poznatků nebo jakéhokoliv nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | | | | |
|----------------------|--|-------------------|---------------------------------|--|
| AUTOR | Příjmení Česánek | | Jméno Jiří | |
| STUDIJNÍ OBOR | B2341 „Strojírenství“ | | | |
| VEDOUcí PRÁCE | Příjmení Ing. Melichar, PhD. | | Jméno Martin | |
| PRACOVISŤE | ZČU - FST - KTO | | | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ | BAKALÁŘSKÁ | Nehodící se škrtněte | |
| NÁZEV PRÁCE | Metrologická podpora strojní sekačky dřevního odpadu | | | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | strojní | KATEDRA | KTO | ROK ODEVZD. | 2012 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|
| CELKEM | 39 | TEXTOVÁ ČÁST | 36 | GRAFICKÁ ČÁST | 3 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|

| | |
|--|--|
| STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL, POZNATKY A PŘÍNOSY | Bakalářská práce obsahuje návrh způsobu ustavení nože strojní sekačky dřevního odpadu. Tento způsob má zefektivnit a zkrátit dobu výměny nože. Dále, pokud to bude možné, odstranit vliv možné chyby lidského faktoru. |
| KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE | Nůž, řezná vůle, čas, ustavení, protinůž, rotor, sekání, korekce. |

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

| | | | |
|--------------------------|--|-----------------|----------------------------|
| AUTHOR | Surname Česánek | Name Jiří | |
| FIELD OF STUDY | B2341 "Engineering" | | |
| SUPERVISOR | Surname Ing. Melichar, PhD. | Name Martin | |
| INSTITUTION | ZČU - FST - KTO | | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA | BACHELOR | Delete when not applicable |
| TITLE OF THE WORK | Metrological Support of Machine Mower for Wood Waste | | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Quality Control | SUBMITTED IN | 2012 |
|----------------|------------------------|-------------------|-----------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|
| TOTALLY | 39 | TEXT PART | 36 | GRAPHICAL PART | 3 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|

| | |
|---|---|
| BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | The bachelor's thesis deals with the suggestion of knife setting method in wood waste machine mowers. The method increase efficiency of knife replacement and it also shorten the time necessary for replacement. Furthermore, the method should eliminate the influence of human factor error if possible. |
| KEY WORDS | Knife, cutting clearance, time, setting, counter knife, rotor, cutting, correction. |

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Melicharovi, PhD., který mi v průběhu řešení ochotně pomáhal s celou řadou dílčích problémů, jak už teoretických, tak i praktických ve firmě.

Obsah:

| | |
|--|----|
| 1. Úvod, představení firmy | 9 |
| 1.1. Základní informace o firmě | 9 |
| 1.2. Rozdělení firmy dle odvětví výroby | 10 |
| 1.2.1. Zakázková výroba | 10 |
| 1.2.1.2. Vybavenost první haly pro zakázkovou výrobu | 10 |
| 1.2.1.3. Vybavenost druhé haly pro zakázkovou výrobu..... | 10 |
| 1.2.2. Průmyslové převodovky..... | 11 |
| 1.2.3. Dřevařské technologie..... | 11 |
| 2. Sekačka dřevního odpadu, její funkce | 12 |
| 2.1. Zpracování dřevního odpadu | 13 |
| 2.2. Možnosti zpracování dřevního odpadu..... | 13 |
| 2.2.1. Sekačky dřevního odpadu | 13 |
| 2.2.2. Drtiče dřevního odpadu..... | 14 |
| 2.2.3. Mlýny dřevního odpadu | 14 |
| 2.3. Porovnání produktů sekačky, drtiče a mlýnu dřevního odpadu | 15 |
| 2.4. Možnosti využití štěpek..... | 17 |
| 2.4.1. Výroba třískových desek | 17 |
| 2.4.2. Pro následné zpracování..... | 18 |
| 3. Návrhy a jejich aplikace..... | 19 |
| 3.1. Současná metoda ustavení nástroje | 19 |
| 3.1.1. Zhodnocení současného stavu upínání..... | 23 |
| 3.2. Návrh nové metody ustavení nástroje | 23 |
| 3.2.1. Výběr možných variant řešení..... | 23 |
| 3.2.2. Výpočet korekce navrhované šablony..... | 24 |
| 3.2.3. Volba materiálů, šroubů a výpočet jednotlivých hmotností..... | 28 |
| 3.2.3.1. Volba materiálu magnetového segmentu, výpočet hmotnosti. | 28 |

| | | |
|----------|--|----|
| 3.2.3.2. | Volba materiálu tělesa šablony, výpočet hmotnosti. | 29 |
| 3.2.3.3. | Volba druhu a velikosti šroubů. | 29 |
| 3.2.4. | Výkresová dokumentace. | 30 |
| 3.2.4.1. | Výkres sestavy šablony. | 30 |
| 3.2.4.2. | Výrobní výkres tělesa šablony. | 31 |
| 3.2.4.3. | Výrobní výkres magnetového segmentu. | 32 |
| 3.2.5. | Modely strojního uskupení řezný nůž, šablona a protinůž. | 33 |
| 3.2.5.1. | Pohled z boku s použitím šablony. | 33 |
| 3.2.5.2. | Pohled z boku po provedeném ustavení nástroje. | 34 |
| 3.2.5.3. | Izometrický model uskupení řezný nůž, šablona a protinůž. | 35 |
| 4. | Hodnocení. | 36 |
| 5. | Závěr. | 37 |



Obrázek 1: Logo firmy.

1. Úvod, představení firmy

1.1. Základní informace o firmě

SG strojírna s.r.o. má tradici od roku 1999. Vznikla z původních Strojních dílen společnosti SOLO Sušice. SG strojírna s.r.o. navazuje na více než šedesátiletou tradici ve výrobě strojů a zařízení ke zhodnocení a recyklaci dřevního odpadu a kůry dřevozpracujících provozů. Z důvodu vyššího zájmu v oblasti bio paliv SG strojírna s.r.o. rozšířila sortiment standardních strojů a dodávek komponentů do linek na výrobu dřevěných pelet a briket. Díky těmto zkušenostem zpracovává firma rovněž biomasu. Mezi další činnosti firmy můžeme zařadit výrobu speciálních a jednoúčelových strojů, buď podle vlastní, nebo dodané dokumentace. Firma provádí také opravy a servis popřípadě rekonstrukce průmyslových převodovek. SG strojírna s.r.o. má kompletní technologickou vybavenost a kvalifikované zaměstnance. Toto kvalitní zázemí spolu s dlouholetými zkušenostmi se projevuje v konečné kvalitě výrobků. [1]



Obrázek 2: Letecký pohled na firmu a její okolí.

1.2. Rozdělení firmy dle odvětví výroby

Působení firmy se rozděluje na základní tři odvětví výroby a to na výrobu zakázkovou dále na výrobu průmyslových převodovek a v neposlední řadě na výrobu dřevařských technologií.

1.2.1. Zakázková výroba

Výroba dílů na zakázku je pro SG strojírna s.r.o. typická již řadu let a vychází z tradiční výroby, pro kterou se firma zakládala. Firma nabízí výrobu jak dílů podle dodané dokumentace, tak i celkovou stavbu strojů včetně zapojení pneumatických a hydraulických systémů. SG strojírna s.r.o. zajišťuje samozřejmě také elektroinstalaci spolu s povrchovou úpravou zařízení. Výrobní proces se řídí dle ČSN EN ISO 9001:2001. [1]

Zakázková výroba má v areálu firmy dvě haly a to halu na opracování kovů a halu na finální montáž zařízení.

1.2.1.2. Vybavenost první haly pro zakázkovou výrobu

První hala na opracování kovů má rozměry 73 x 41 metrů a je rozdělena do čtyř sekcí. První sekce se zabývá opracováním rozměrných kusů kovů (průměr až 1500mm délka až 5000mm). Tato sekce je vybavena horizontální vyvrtávačkou W100A, dále třemi univerzálními soustruhy, odvalovací frézou a hoblovkou. Druhá sekce haly je zaměřena na opracování kusů středních rozměrů o průměrech do 1300mm. Je vybavena horizontální vyvrtávačkou W100, frézou univerzální, kopírovací a konzolovou a vrtačkou konzolovou, otočnou a stojanovou. Třetí sekce je pro malé technologie opracování kovů, které zajišťuje univerzální soustruh, bruska, CN soustruh MASTURN 50 CN a frézky nástrojové a vertikální. V poslední sekci se provádí již jen „čistá“ montáž. Celá hala je vybavena mostovým jeřábem o nosnosti 3t a dvěma otočnými jeřáby o nosnostech 1,5 a 0,5 tuny. [1]

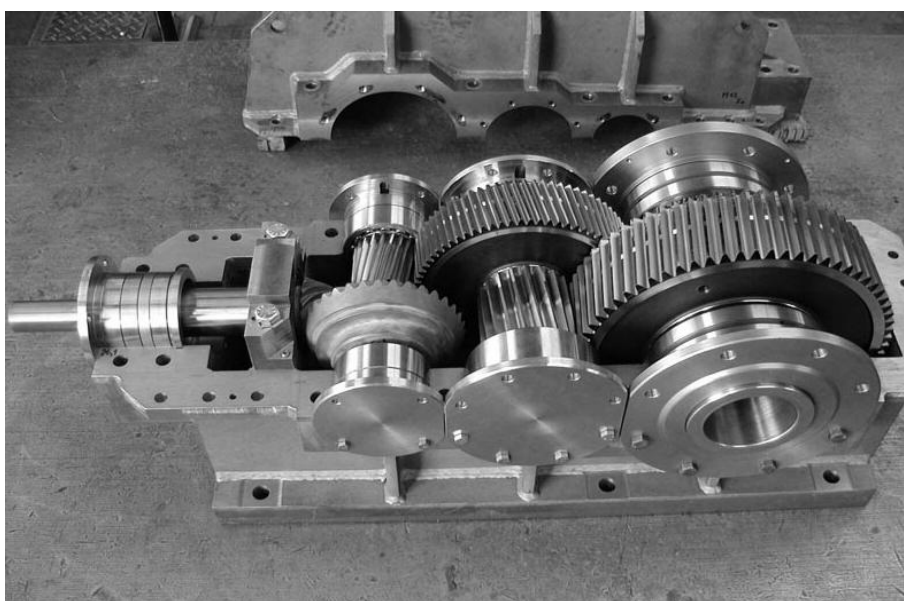
1.2.1.3. Vybavenost druhé haly pro zakázkovou výrobu

Druhá hala na finální montáž zařízení má rozměry 85 x 26 metrů a je rovněž rozdělena do čtyř sekcí. A to na svařovnu, v které je pět svařovacích pracovišť, montáž dílů a zařízení, nátěr a nástřik a na řezárnu materiálu. Tato hala je vybavena samozřejmě manipulační technikou a to mostovým jeřábem a nosnosti až 5tun a třemi otočnými jeřáby o nosnostech 0,5; 1,0 a 1,5 tuny. [1]

1.2.2. Průmyslové převodovky

SG strojírna s.r.o. má také svojí vlastní divizi výroby průmyslových převodovek. Následuje tak dlouhou tradici mateřské firmy SETRA GEAR a.s., která je v ČR v popředí již od roku 1996 a je výhradním dodavatelem francouzských spojek CMD Couplings do ČR. Tato divize se soustřeďuje především na komplexní vývoj a dodávky většinou netypických převodových skříní pro pohony ve všech průmyslových odvětvích. Firma také zajišťuje servis popřípadě rekonstrukci již stávajících převodových skříní spolu s dodáním potřebných náhradních dílů přímo u zákazníka. [1]

Strojní převodovka.

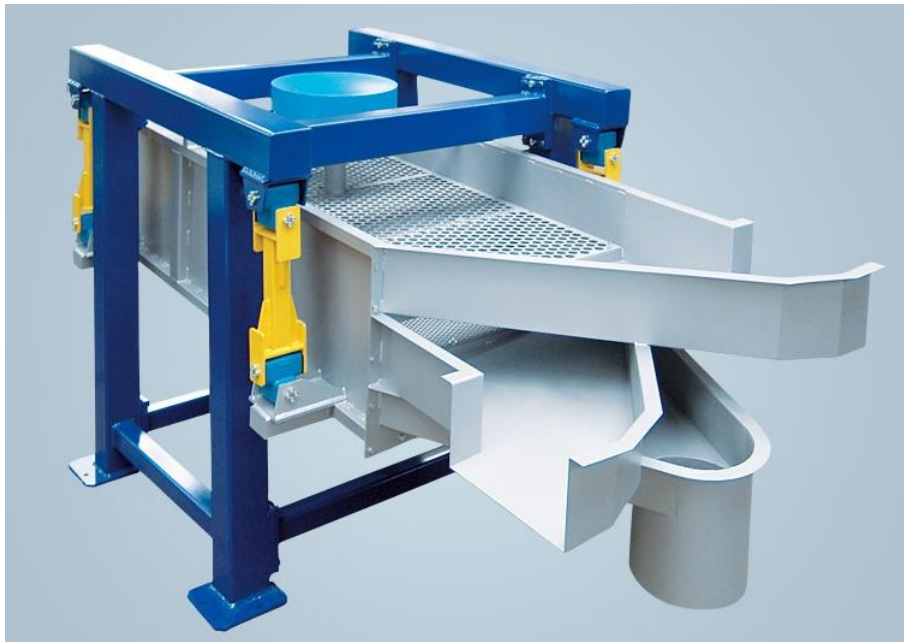


Obrázek 3: Nově vyrobená převodovka firmou SG strojírna s.r.o.

1.2.3. Dřevařské technologie

Dřevařské technologie firma rozděluje do pěti základních odvětví. V první řadě jsou to stroje na sekání, drcení a mletí dřeva, za další jsou to dopravníky, technologie pro pilařské provozy, třídění a skladování dřevní frakce a linky na přípravu bio paliva. [1]

Třidič dřevní frakce.



Obrázek 4: Ukázka vibračního třidiče dřevní frakce.

2. Sekačka dřevního odpadu, její funkce

Sekačka dřevního odpadu je rychloběžný robustní stroj, který je určen pro sekání jak tvrdého, tak i měkkého dřeva. Produkuje vysoce kvalitní dřevní štěpku. Hodí se především pro dlouhý kusový odpad z dřevní zpracovávajícího průmyslu.

Strojní sekačka dřevního odpadu.



Obrázek 5: Strojní sekačka dřevního odpadu.

Proto, abychom se dostali k samotné sekačce dřevního odpadu, posléze funkcím sekačky je dobré si zodpovědět několik otázek a to, jaké jsou alternativní způsoby zpracování dřevního odpadu a jaké stroje se k těmto druhům zpracování používají.

2.1. Zpracování dřevního odpadu

V dnešní době je velmi důležité zpracovávat dřevní odpad a dále jej průmyslově využívat. Převážná většina dřevního odpadu se v dnešní době zpracovává sekáním, drcením a mletím. Jsou to procesy, které mají za úkol zhodnotit takovýto odpad. Tyto procesy se pak dále dělí podle možností využití. Závisí především na množství a druhu materiálu, na tom, jak je stroj řešen a také na požadované výstupní kvalitě dřevních štěpek.

2.2. Možnosti zpracování dřevního odpadu

Základní technologie zpracování dřevního odpadu jsou stroje na sekání, drcení a mletí dřeva. Do těchto technologií zařazujeme tři základní druhy strojů.

2.2.1. Sekačky dřevního odpadu

Pro sekání dřevního odpadu se používají robustní rychloběžné stroje a nazývají se sekačky. Tyto stroje jsou určeny k likvidaci měkkého i tvrdého dřevního odpadu z pilařských nebo jiných dřevozpracujících provozů. Sekačky se hodí pro dlouhý kusový odpad a vyrábí vysoce kvalitní štěpku. Kvalita ale samozřejmě závisí především na úrovni údržby stroje a nástrojů spolu s typem zpracovávaného odpadu na vstupu. Nevýhodami těchto strojů jsou jak zvýšená prašnost, tak i hlučnost. Tyto dvě složky však závisí na druhu a typu zpracovávaného materiálu. [1]

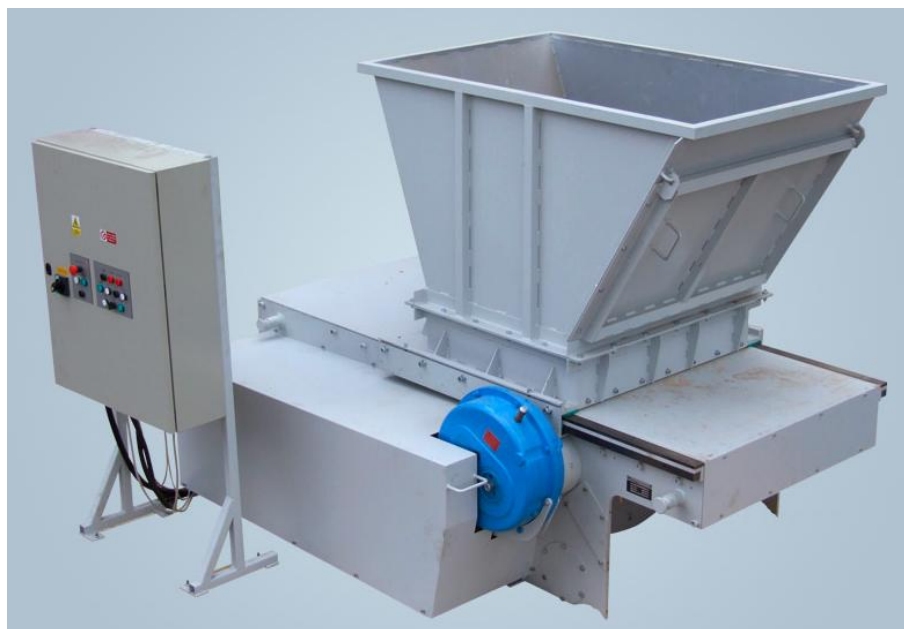
Studiem některých podmínek při zpracovávání dřevního odpadu se zjistilo, že s rostoucí tloušťkou třísky roste řezný odpor a klesá měrný řezný odpor. Nadále se zvětšuje vzdálenost trhlinek v třísce, drsnost povrchu třísky a podíl jemné frakce, zatímco se zmenšuje nestejnorodost tloušťky třísky a její zakřivení. Dále bylo zjištěno, že se zvyšující se vlhkostí dřeva až do oblasti nasycení vláken se zvětšuje podíl hrubých třísek a podíl jemné frakce se zmenšuje. Při třískování suchého dřeva je u malých tloušťek třísky značně drsnější povrch třísek, větší zakřivení a větší nerovnoměrnost tloušťky třísek. Proto, při výrobě tenkých desek (například pro krycí vrstvy) je zapotřebí použít vlhké dřevo. Jako další parametr, který byl při studiu zjištěn, je to, že nižší řezné rychlosti jsou výhodné z hlediska spotřeby energie, rovnoměrnosti tloušťky třísek, drsnosti povrchu a velkoplošnosti třísek, nevýhodné jsou však

z hlediska kapacity stroje, velikosti trhlin a zakřivení třísek. Za další je dobré poznamenat, že příliš malý úhel hřbetu způsobuje značný nárůst síly posuvu, otupování a drsnosti třísky. Příliš malý úhel břitu zvětšuje otupování břitu, podíl jemné frakce, drsnost třísky a nerovnoměrnost tlouštěk, protože rostou deformační síly. [2]

2.2.2. Drtiče dřevního odpadu

Pro drcení dřevního odpadu jsou používány pomaluběžné stroje, které se nazývají drtiče. Stroj může zpracovávat různorodý materiál, nevyžaduje při práci obsluhu, má nízkou hlučnost. Prašnost tohoto stroje je přímo závislá na druhu a vlhkosti zpracovávaného materiálu. [1]

Vertikální drtič s hydraulicky posuvnou násypkou.

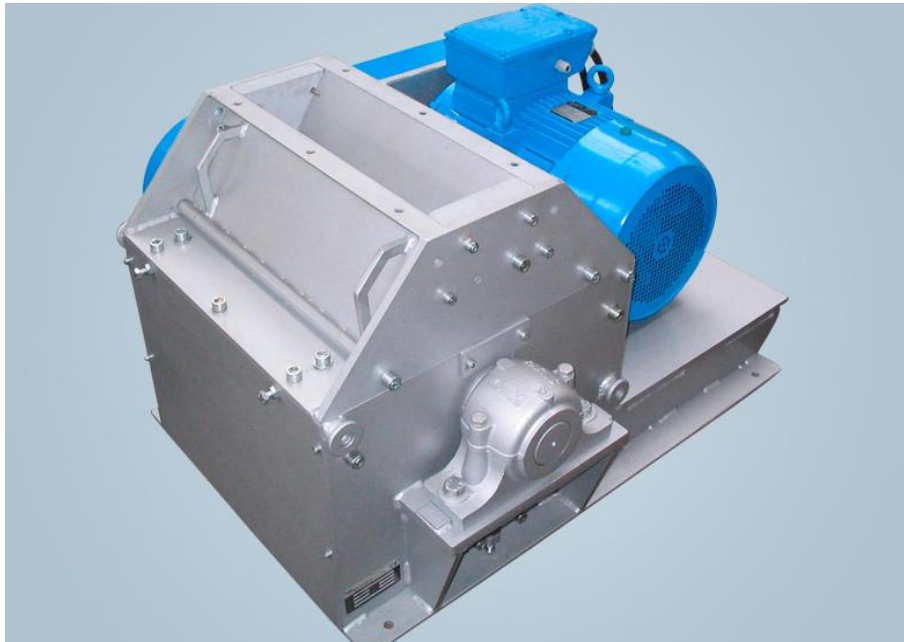


Obrázek 6: Vertikální drtič s hydraulicky posuvnou násypkou.

2.2.3. Mlýny dřevního odpadu

Poslední představitel tohoto dřevního zpracování je mletí. Stroje se nazývají kladívkové mlýny, které jsou stejně jako sekačky stroji rychloběžnými, jejich výkon závisí na druhu, rozměrech a vlhkosti zpracovávaného materiálu. Proces, který se provádí na těchto strojích má za úkol připravit dřevní odpad pro peletování případně briketování.

Kladívkový mlýn.



Obrázek 7: Kladívkový mlýn.

2.3. Porovnání produktů sekačky, drtiče a mlýnu dřevního odpadu

2.3.1. Výsledný produkt ze sekání dřevního odpadu

Při tomto způsobu zpracování dřevního odpadu vzniká velice kvalitní dřevní štěpka, která se dále využívá pro další zpracování v papírenském popřípadě dřevařském průmyslu.

Dřevní štěpky ze strojní sekačky dřevního odpadu (velikost frakce až 3cm).



Obrázek 8: Produkt sekačky dřevního odpadu.

2.3.2. Výsledný produkt z drčení dřevního odpadu

Tento druh dřevní štěpky je především vhodný pro spalování v kotlích, které jsou uzpůsobeny pro spalování dřevní štěpky nebo pro následovnou výrobu dřevních briket. Štěpka se může dopravovat například pomocí šnekových dopravníků.

Dřevní štěpky z drtiče dřevního odpadu.



Obrázek 9: Produkt drtiče dřevního odpadu.

2.3.3. Výsledný produkt z mletí dřevního odpadu

Mletí slouží pro zpracování již předem vyrobených dřevních štěpek. Je to způsob přípravy dřevního odpadu pro peletování případně briketování.



Obrázek 10: Produkt mlýnu dřevního odpadu.

2.4. Možnosti využití štěpek

2.4.1. Výroba třískových desek

Hlavní použití v dřevařském průmyslu je výroba třískových desek. Prudký vzestup výroby takovýchto třískových desek po celém světě vyplývá z toho, že je nutné hospodárně využívat dřevní odpad a také z užitných vlastností těchto desek. Tyto desky mohou být velkoplošné, mají podobné fyzikálně mechanické vlastnosti jako dřevo ale jsou mnohem více tvarově i rozměrově stálé. Třísky, které se v dnešní době vyrábějí, se dělí jak dle velikosti, tak i dle jakosti. Proto se vyrábějí i několikavrstvé třískové desky. Pro rozdělení třísek dle velikosti se používá například vibrační třídič, nebo obdobný stroj stejné funkce. Po takovémto rozdělení se hrubší třísky mohou skrýt ve středu desek a postupně směrem k povrchu desky jsou třísky jemnější. Optimální tvar třísky předpokládá přibližně tyto rozměry a to, délka vnitřních třísek mezi 20 až 40mm a povrchových mezi 15 a 25mm. Délka třísek je rozměr měřený rovnoběžně s průběhem dřevních vláken. Šířka těchto třísek je u vnitřních 3 až 5mm a u vnějších jsou to pak 2 až 3mm. Šířka třísek je pak rozměr měřený kolmo k vláknům. [2]

Řez dřevotřískovou deskou.



Obrázek 11: Výrobek z produktů po zpracování dřevního odpadu.

2.4.2. Pro následné zpracování

Sekačka dřevního odpadu vyrábí štěpky celkem velkých rozměrů, proto se tyto štěpky dají také následně zpracovávat mletím pomocí kladívkových mlýnů. Takto zpracované štěpky se výborně hodí pro výrobu dřevních pelet nebo briket, pro výrobu celulosy a papíru.

Dřevní pelety



Dřevní brikety



Obrázek 12: Výrobky z výsledných produktů strojů zpracovávajících dřevní odpad.

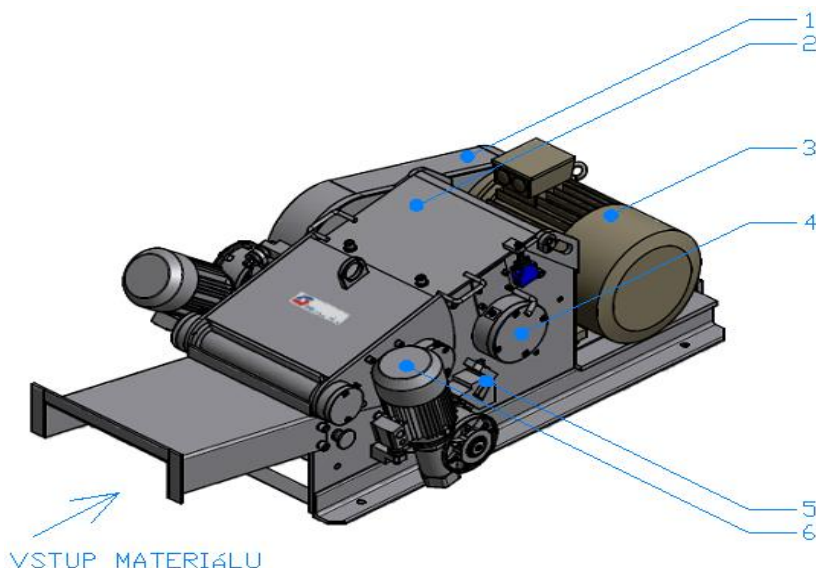
3. Návrhy a jejich aplikace

Pro to abychom se dostali k samotnému řešení problému s ustavením nožů je zapotřebí se nejprve seznámit se současným způsobem upnutí nástroje.

3.1. Současná metoda ustavení nástroje

Současné ustavení nástroje se provádí metodou „Pokus omyl“ za pomoci dvou šroubů s imbusovou hlavou, imbusového klíče s násadou pro snadnější dostupnost k hlavě šroubu, dále je zapotřebí půlená miska s vnitřním vybráním pro hlavu imbusového šroubu a miska, která se vloží přímo do vybrání v upínací čelisti nože. Dále druhá miska, která se vloží do válcového vybrání v těle nože, miska je opatřena průchozím závitem, totožným se závitem šroubu.

Model strojní sekačka dřevního odpadu.



Obrázek 13: Model strojní sekačky dřevního odpadu v programu Autodesk Inventor (izometrický pohled).

- Legenda:
- 1 – Kryt řemenového převodu, přenos Mk z elektromotoru na rotor sekačky.
 - 2 – Horní, vyklápěcí kryt rotoru strojní sekačky.
 - 3 – Elektromotor pro pohon rotoru.
 - 4 – Uložení rotoru.
 - 5 – Uložení protinože.
 - 6 – Elektromotor pro podávání dřevního odpadu.

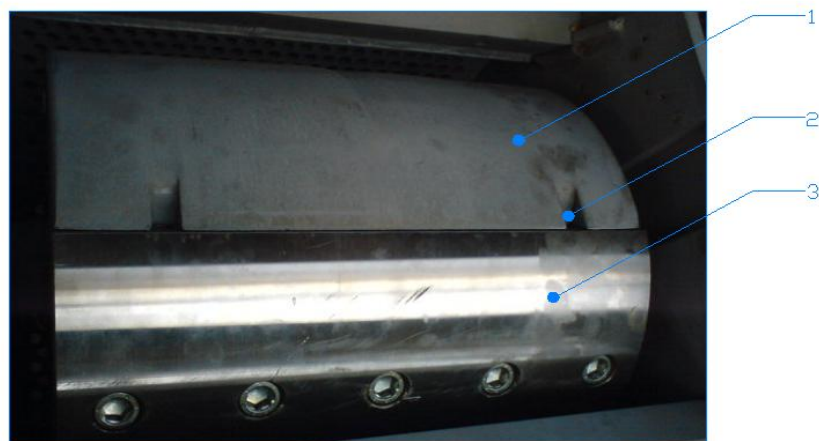
Rotor strojní sekačky.



Obrázek 14: Rotor strojní sekačky po odklopení korního ochranného krytu.

- Legenda:
- 1 – Upínací čelist.
 - 2 – Imbusový šroub pro dotažení čelisti.
 - 3 – Nůž.
 - 4 – Rotor strojní sekačky.

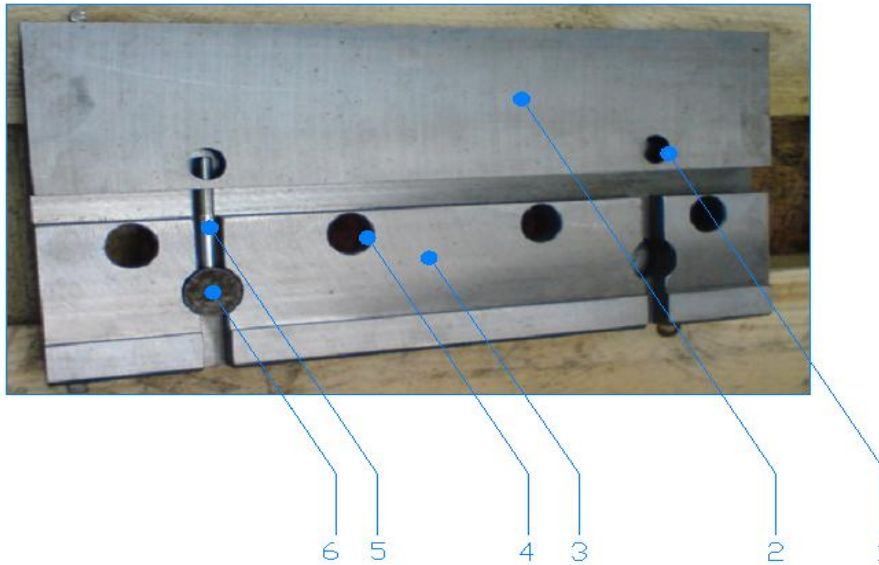
Rotor strojní sekačky pootočení směrem dolů.



Obrázek 15: Pohled na rotor sekačky pootočený směrem dolů pro přístup k imbusovým šroubům, které zajišťují pohyb nože a jeho následné ustavení.

- Legenda:
- 1 – Rotor strojní sekačky.
 - 2 – Otvor, do kterého vkládáme imbusový klíč.
 - 3 – Upínací čelist.

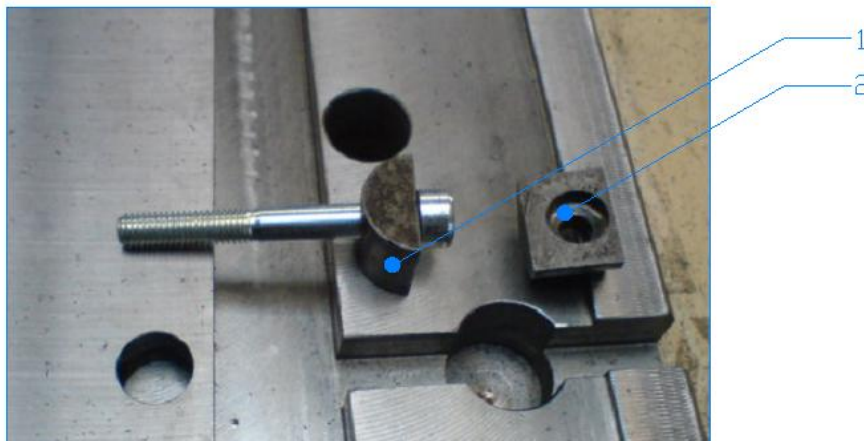
Nůž s upínací čelistí.



Obrázek 16: Nůž strojní sekačky dřevního odpadu spolu s upínací čelistí.

- Legenda:
- 1 – Válcové vybrání, které slouží pro vložení misky se závitem.
 - 2 – Nůž strojní sekačky.
 - 3 – Upínací čelist.
 - 4 – Průchozí díra v čelisti pro upínací imbusový šroub.
 - 5 – Imbusový šroub.
 - 6 – Půlená miska pro hlavu imbusového šroubu.

Detail rozebrané misky pro posuv nože při ustavování.



Obrázek 17: Detail rozebrané misky pro posuv nože při ustavování.

- Legenda: 1 – Horní část misky s vybráním pro hlavu imbusového šroubu a průchozí dírou pro imbusový klíč.
- 2 – Spodní část misky s vybráním pro hlavu imbusového šroubu s průchozí dírou pro imbusový šroub.

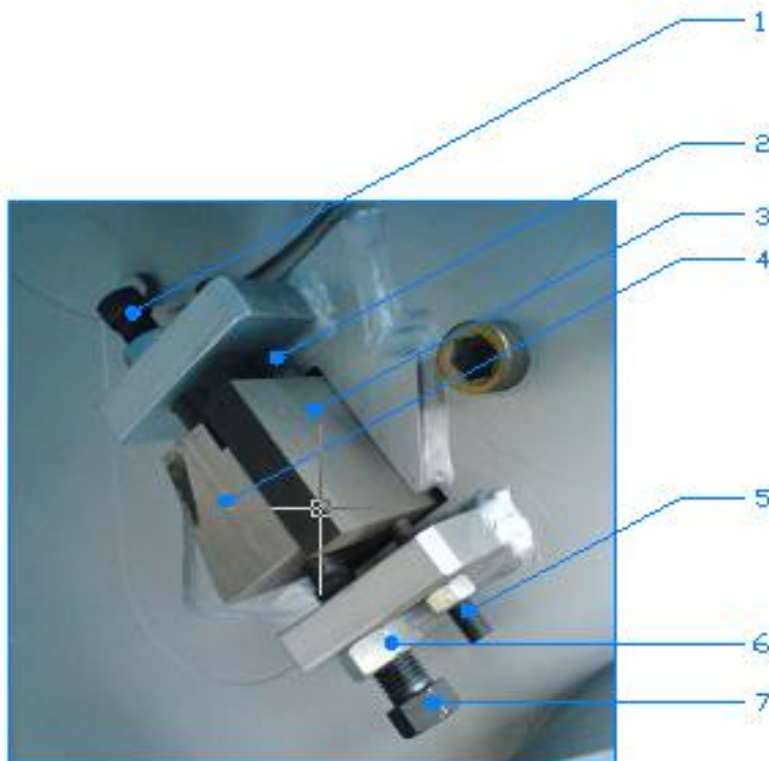
Uložení protinože

Pro to, aby došlo k useknutí štěpky je zapotřebí, aby naproti rotačnímu noži byl nůž pevný, který se nazývá protinůž. Je to pevná nerotační část stroje, je upevněn pevně v rámu.

Upnutí protinože

Upnutí probíhá tak, že se vloží protinůž skrze skříň strojní sekačky, za pomoci aretačních šroubů 2 a 5 se protinůž vystředí, pod nůž se vloží upínací klín, který přitlačí protinůž k rámu. To nám zajistí rovnoběžnost nožů vůči sobě. Klín se posouvá pomocí šroubu 7. Po dotažení se šroub zajistí proti posuvu maticí. Poté zkontrolujeme dotažení šroubů 2 a 5, dotáhneme šroub 1 a následně všechny zajistíme stejným způsobem jako šroub 7 (viz obr. 18).

Upnutý nůž dotažený klínem k rámu.



Obrázek 18: Upnutý protinůž.

- Legenda:
- 1 – Šroub se šestihlannou hlavou, zajištěn maticí.
 - 2 – Šroub bez hlavy s osazením, rovněž zajištěn maticí.
 - 3 – Protinůž.
 - 4 – Upínací klín.
 - 5 – Šroub bez hlavy s osazením, zajištěn maticí.
 - 6 – Pojistná matice.
 - 7 – Šroub se šestihlannou hlavou, zajištěn maticí.

3.1.1. Zhodnocení současného stavu upínání

Současný stav upínání je poměrně zdlouhavý a také záleží především na zručnosti a na praxi obsluhy. Dobře zaškolená obsluha s praxí dokáže provést správné upnutí nástroje přibližně za 30 – 45 minut. Přičemž se musí brát v potaz to, že na sekačce jsou dva nože po 180°, takže výsledný čas na znovu upnutí naostřených nožů je někde mezi 1 – 1,5 hodiny. Správné nastavení nožů se kontroluje za pomoci speciálního papíru, který má tloušťku 0,2 mm (bylo vyzkoušeno, že s vůlí 0,2 mm mezi noži stroj nejlépe pracuje). Tento papír po ustavení vložíme mezi oba nože, otočíme rotorem sekačky, pokud nůž o papír škrtně, tak je nástroj správně upnut. Pokud tomu tak není je nutné nástroj nastavovat znovu do doby, než se nám škrtnutí o papír podaří. Takto kontrolujeme oba dva nože na sekačce.

3.2. Návrh nové metody ustavení nástroje

Úkolem mé práce je najít způsob, kterým by se snížil čas na upnutí nástroje a pokud možno odstranit vliv možné chyby lidského faktoru na upnutí, který je v nynější podobě upínání značný.

3.2.1. Výběr možných variant řešení

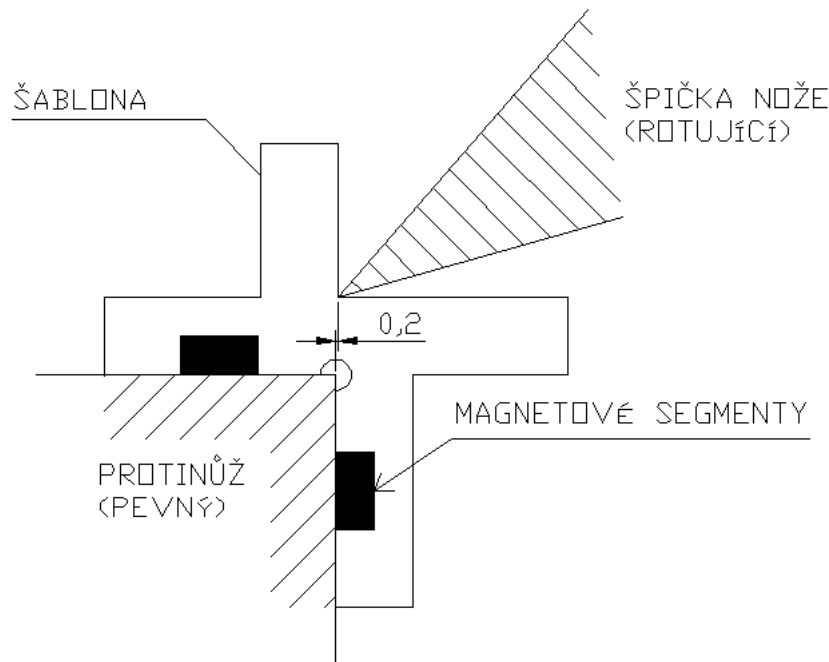
Následovala konzultace s konstruktéry a technologi z firmy. Tímto vzniklo několik nápadů pro řešení tohoto úkolu.

První řešení bylo to, že ve stěně skříně se vyrobí otvor, který bude z průhledného materiálu. Skrz tento otvor bude vidět dovnitř na nůž i protinůž současně pro snadnější ustavení nástroje. Toto řešení se ale jevílo jako velmi drahé a náročné na výrobu.

Druhé řešení bylo to, že mezi rotační nůž a protinůž se vloží šablona z nerezové oceli, ČSN ISO 17 042.2. Navržená šablona bude vycházet z tvaru kříže. Bude připevněna k protinovi pomocí dvou magnetů. Magnety budou k šabloně buď přilepené, nebo budou přišroubovány

šrouby se zápustnou hlavou. Ustavení bude probíhat tak, že otáčením rotoru se dotkne šablony na horizontální ploše. Poté utáhneme stavěcí šrouby. Tyto šrouby nám zajistí špičku nože v koutu šablony. Při použití této šablony docílíme požadované vůle mezi noži 0,2mm. Poté nůž přitlačíme k rotoru pomocí šroubů s imbusovou hlavou. Následně se šablona vyjme a nůž bude již ustaven a zajištěn ve správné poloze.

Skica návrhu řešení.



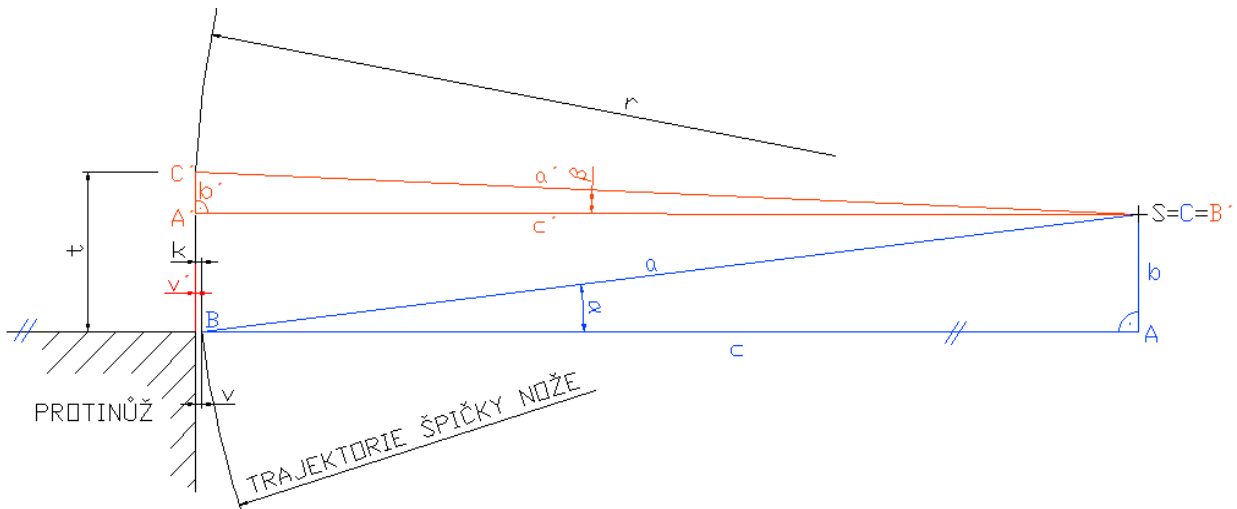
Obrázek 19: Skica návrhu řešení.

3.2.2. Výpočet korekce navrhované šablony

Korekci je nutné spočítat proto, že po vložení šablony a následném ustavení nástroje do správné polohy by nám šablona nezajišťovala správnou polohu špičky rezného nože z důvodu jejího následného pootočení po vyjmutí šablony. Toto pootočení znamená vertikální posun špičky nástroje právě o tloušťku šablony, viz obr. 20. Dále z obr. 20 je také patrné, že vypočtený rozměr korekce k , musíme při výrobě šablony od požadované vůle odečíst, poněvadž je osa rotoru umístěna nad rovnoběžkou provedenou s protinožem. Na obrázku znázorněna úsečkou $|AB|$. Z tohoto důvodu se špička po vložení šablony zaeretuje o korekci k horizontálně dále od středu rotoru, proto se musí rozměr k , od požadované vůle odečíst.

Pozn. Všechny níže uvedené výpočty byly experimentálně ověřeny v programu Autodesk AutoCAD.

Skica potřebná pro výpočet korekce nastavení nože po vyjmutí šablony a pootočení do polohy, kdy je špička ve stejné rovině jako čelo protinože.



Obrázek 20: Skica pro výpočet korekce.

Legenda: t – Tloušťka šablony mezi protinožem a špičkou rotačního nože.

v – Požadovaná vůle mezi protinožem a špičkou rotačního nože.

v' – Rozměr, který bude vyráběn na šabloně.

r – Poloměr špičky nože od středu rotoru.

S – Střed rotoru.

ΔABC – Trojúhelník, který vznikne po protažení rovnoběžky s čelem protinože a následném odměření kolmé vzdálenosti od středu rotoru.

$\Delta A'B'C'$ – Trojúhelník, který vznikne po vložení šablony mezi rotační nůž a protinůž mezi špičkou nože a středem rotoru.

Tloušťku šablony mezi protinožem a špičkou rotačního byla zvolena 5mm.

Pak tedy: $b' = t - b$

Po dosazení: $b' = 5 - 3,7 = 1,3\text{mm}$

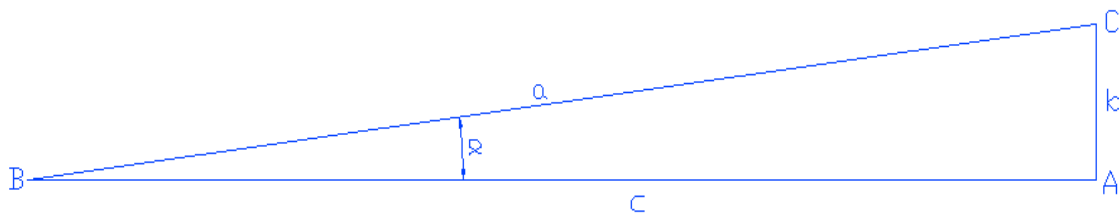
Požadovaná vůle mezi protinožem a špičkou rotačního nože $v = 0,2\text{mm}$.

Z obrázku je patrné, že: $k = c' - c$

$$v' = v - k$$

$$r = a = a' = 300\text{mm}.$$

Výpočet stran ΔABC , který nám vznikne po protažení rovnoběžky s čelem protinože a následném odměření kolmé vzdálenosti od středu rotoru.



Obrázek 21: ΔABC .

- Legenda:
- B – Tento bod Δ vyjadřuje požadované ustavení špičky rotačního nože.
 - A – Bod Δ vznikne po protažení rovnoběžky s čelem protinože a následném provedení kolmice k bodu C.
 - C – Tento bod Δ je totožný se středem rotoru.
 - a – Tato vzdálenost znázorňuje délku úsečky $|AB|$ a také zároveň poloměr špičky nože od středu rotoru.
 - b – Tato vzdálenost znázorňuje délku úsečky $|AC|$ a také zároveň kolmou vzdálenost s // vedenou s čelem protinože ke středu rotoru (odměřena z výkresu v programu Autodesk Inventor).
 - c – Rozměr nutný pro výpočet korekce šablony, dopočítává se.
 - α – Úhel mezi $|BC|$ a $|BA|$, dopočítává se.

Znamé rozměry:

$$a = 300\text{mm}$$

$$b = 3,7\text{mm}$$

Dopočtené hodnoty:

$$\alpha = ?$$

$$c = ?$$

Pro dopočtení rozměru c je nutné si nejdříve vypočítat úhel α .

$$\text{Dále platí: } \sin \alpha = \frac{b}{a}$$

$$\text{Z předchozího vztahu je patrné že: } \alpha = \arcsin \frac{b}{a}$$

$$\text{Po dosazení pak: } \alpha = \arcsin \frac{3,7}{300} = 0,707^\circ$$

$$\text{Dále platí: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{c}$$

Z předchozího vztahu je patrné že: $c = \frac{b}{\operatorname{tg}\alpha}$

Po dosazení pak: $c = \frac{3,7}{\operatorname{tg} 0,707} = 299,835\text{mm}$

$\Delta A'B'C'$ – Trojúhelník, který vznikne po vložení šablony mezi rotační nůž a protinůž mezi špičkou nože a středem rotoru.



Obrázek 22: $\Delta A'B'C'$.

Legenda: C' – Tento bod Δ vyjadřuje ustavení špičky rotačního nože po vložení šablony (bez provedení korekce).

A' – Bod Δ vznikne po protažení rovnoběžky s čelem protinože středem rotoru a následném provedení kolmice k bodu C' .

B' – Tento bod Δ je totožný se středem rotoru.

a' – Tato vzdálenost znázorňuje délku úsečky $|B'C'|$ a také zároveň poloměr špičky nože od středu rotoru.

b' – Tato vzdálenost znázorňuje délku úsečky $|A'C'|$ a také zároveň kolmou vzdálenost s // vedenou s čelem protinože středem rotoru.

c' – Rozměr nutný pro výpočet korekce šablony, dopočítává se.

β – Úhel mezi $|B'C'|$ a $|B'A'|$, dopočítává se.

Znamé rozměry:

$$a' = 300\text{mm}$$

Dopočtené hodnoty:

$$b' = ?$$

$$\beta = ?$$

$$c' = ?$$

Pro dopočtení rozměru c' je nutné si nejdříve vypočítat úhel β .

$$\text{Dále platí: } \sin\beta = \frac{b'}{a'}$$

Z obr. 20 je patrné, že: $b' = |b - t|$

Z předchozího vztahu je patrné že: $\beta = \arcsin \frac{|(b-t)|}{a}$

Po dosazení pak: $\beta = \arcsin \frac{|(3,7-5)|}{300} = 0,248^\circ$

Dále platí: $\cos\beta = \frac{c'}{a'}$

Z předchozího vztahu je patrné že: $c' = \cos\beta \times a'$

Po dosazení pak: $c' = \cos 0,248 \times 300 = 299,997\text{mm}$

Výpočet rozměru v' :

Z obr. 20 je patrné, že: $k = c' - c$

Po dosazení tedy: $k = 299,997 - 299,835 = 0,162\text{mm}$

Pro reálnou výrobu rozměru na šabloně provedeme zaokrouhlení na $k = 0,16\text{mm}$.

Výpočet rozměru v' , který je slouží pro výrobu šablony.

Z obr. 20 je patrné, že: $v' = v - k$

Po dosazení konečný rozměr na šabloně bude tedy: $v' = 0,2 - 0,16 = 0,04\text{mm}$.

3.2.3. Volba materiálů, šroubů a výpočet jednotlivých hmotností.

Pro návrh šablony je nutná volba použitých materiálů jak pro těleso šablony, tak i pro magnetový segment. V neposlední řadě je důležitý výběr typu šroubů, které budou použity pro upevnění magnetu k šabloně.

3.2.3.1. Volba materiálu magnetového segmentu, výpočet hmotnosti.

Pro magnetový segment jsem zvolil materiál NdFeB, jedná se tedy o permanentní magnet, který je vyroben z Neodymu, železa a boru. Hustota takového magnetu se pak pohybuje někde v rozmezí 7,5 až 7,7 g/cm³. [3]

Pro výpočet hmotnosti platí rovnice: $m = \rho \times V$

Kde: ρ – Hustota materiálu.

V – Objem magnetového segmentu.

V = objem magnetu bez vybrání – vybrání pro hlavu šroubu – vybrání pro dřík šroubu.

$$V = [(28 \times 7.6 + \pi 3.8^2) \times 5] - [(\pi \times 2.45^2 \times 2 \times 1.8) + (\pi \times 1.6^2 \times 2 \times 3.2)] \\ = 1171,41 \text{mm}^3$$

Po dosazení do rovnice bude tedy: $m = 7.6 \times 1.171 = 8.902 \cong 9g$

3.2.3.2. Volba materiálu tělesa šablony, výpočet hmotnosti.

Pro těleso šablony jsem volil materiál: ocel třídy 17, jedná se tedy o nerez ocel. Konkrétní označení oceli je: 17 042.2. Hustota oceli je 7850 kg/m^3 Tato ocel se například používá pro výrobu měřidel a kalibrů. [6]

Pro výpočet hmotnosti platí rovnice: $m = \rho \times V$

Legenda: ρ – Hustota materiálu.

V – Objem tělesa šablony.

V = objem šablony bez vybrání – vybrání pro dokonalé usazení šablony na protinůž – vybrání pro uložení magnetového segmentu – vybrání pro závity šroubů.

$$V = [(4.96 \times 15 + 20 \times 5 + 8 \times 15) \times 50] \\ - [(\pi \times 1.5^2 \times 0.75 \times 50) + (\pi \times 4^2 \times 5 + 28 \times 8) + (\pi 1^2 \times 3 \times 2)] \\ = 13961.02 \text{mm}^3$$

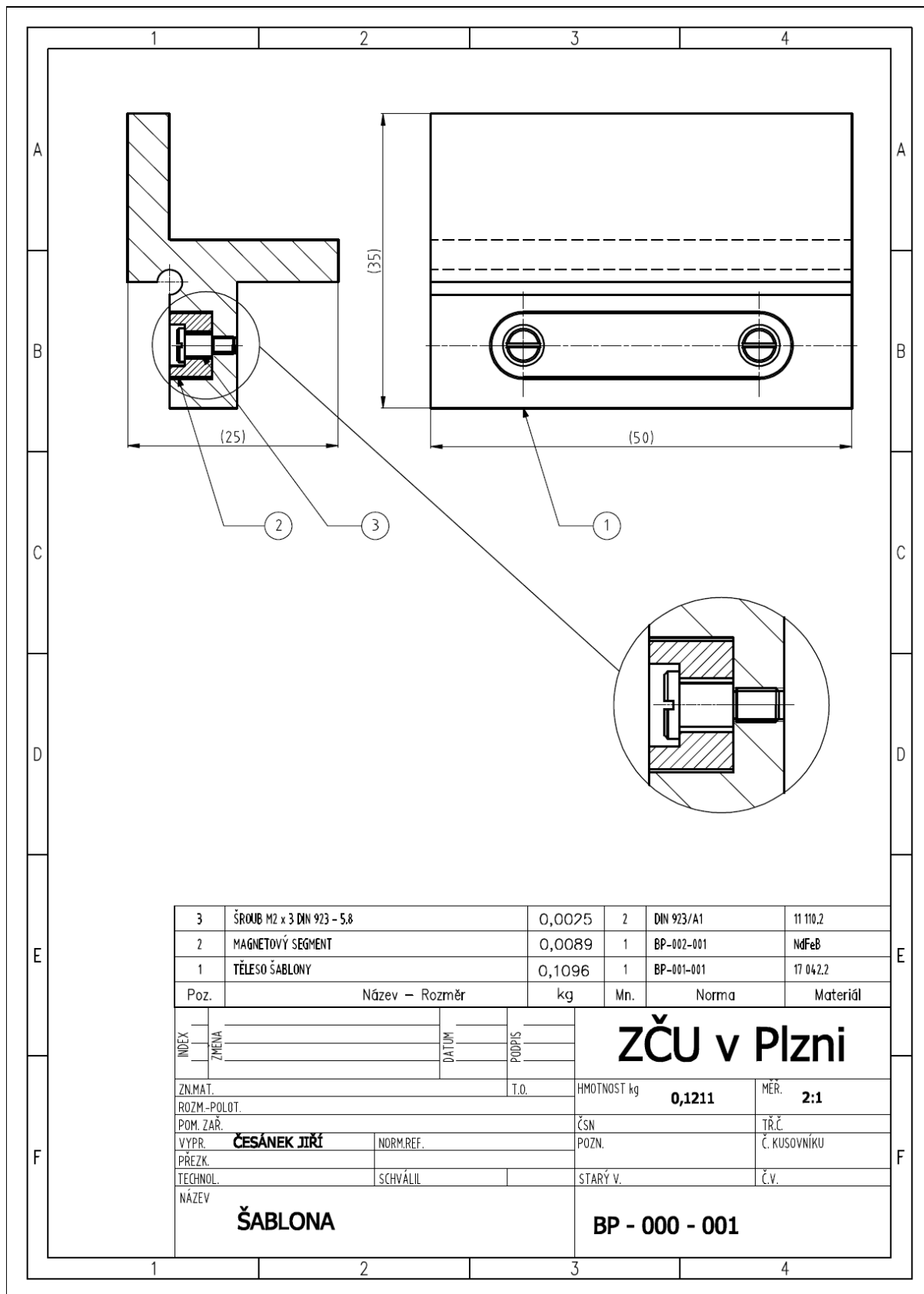
$$m = 7.85 \times 13961.02 = 109.59 \cong 110g$$

3.2.3.3. Volba druhu a velikosti šroubů.

Pro dané použití jsem zvolil ŠROUB M2 x 3 DIN 923/A1. A1 značí, že ocel je dobře obrobitelná v důsledku vysokého obsahu S a P. Je tedy vhodná pro obrábění soustružením, ovšem, má sníženou korozivzdornost díky vyššímu obsahu síry. Obsah chromu je $\text{Cr} > 12\%$. Jedná se o austenitickou ocel. Třída pevnosti 5,8. [4]

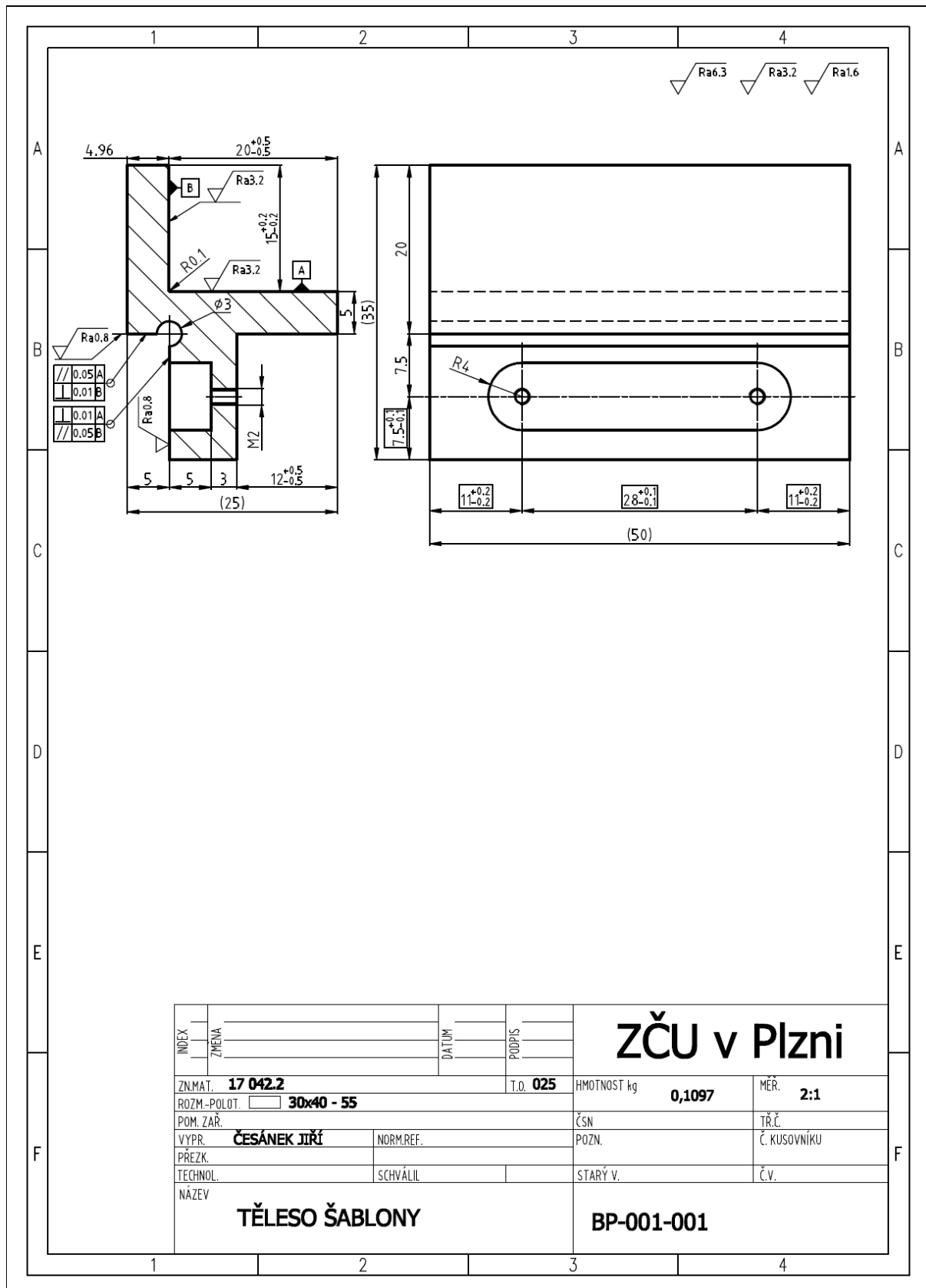
3.2.4. Výkresová dokumentace.

3.2.4.1. Výkres sestavy šablony.



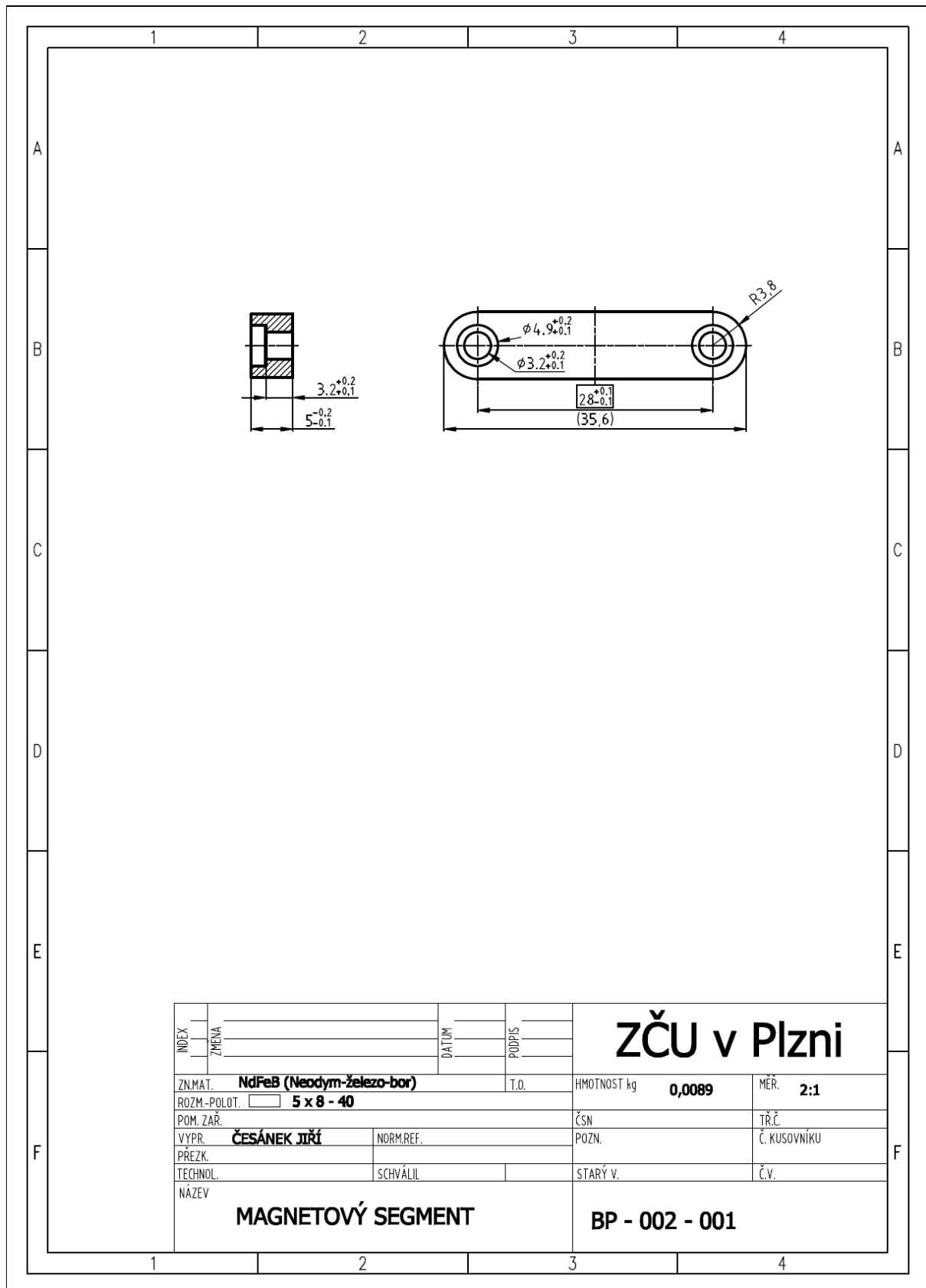
Obrázek 23: Výkres sestavení šablony.

3.2.4.2. Výrobní výkres tělesa šablony.



Obrázek 24: Výrobní výkres tělesa šablony.

3.2.4.3. Výrobní výkres magnetového segmentu.

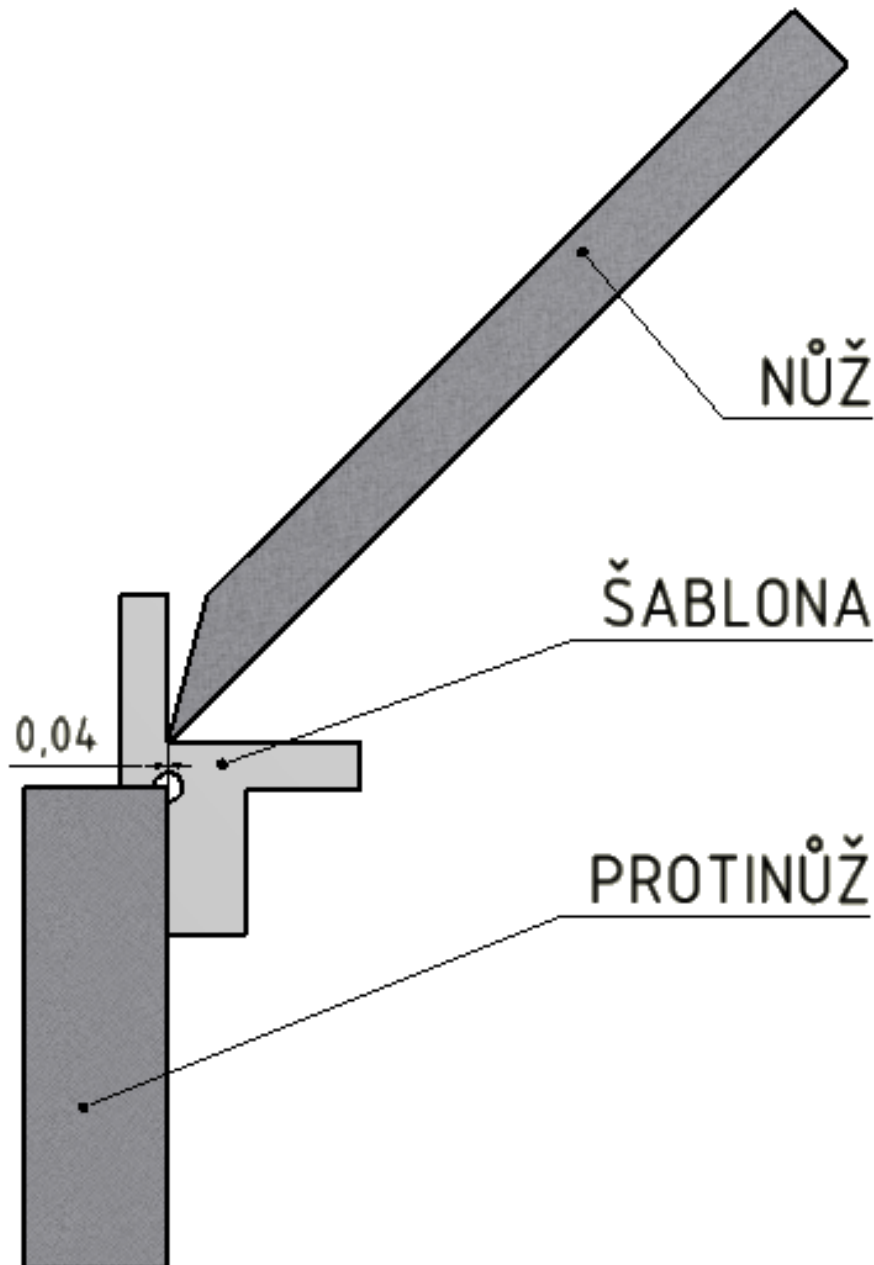


Obrázek 25: Výrobní výkres magnetového segmentu.

3.2.5. Modely strojního uskupení řezný nůž, šablona a protinůž.

3.2.5.1. Pohled z boku s použitím šablony.

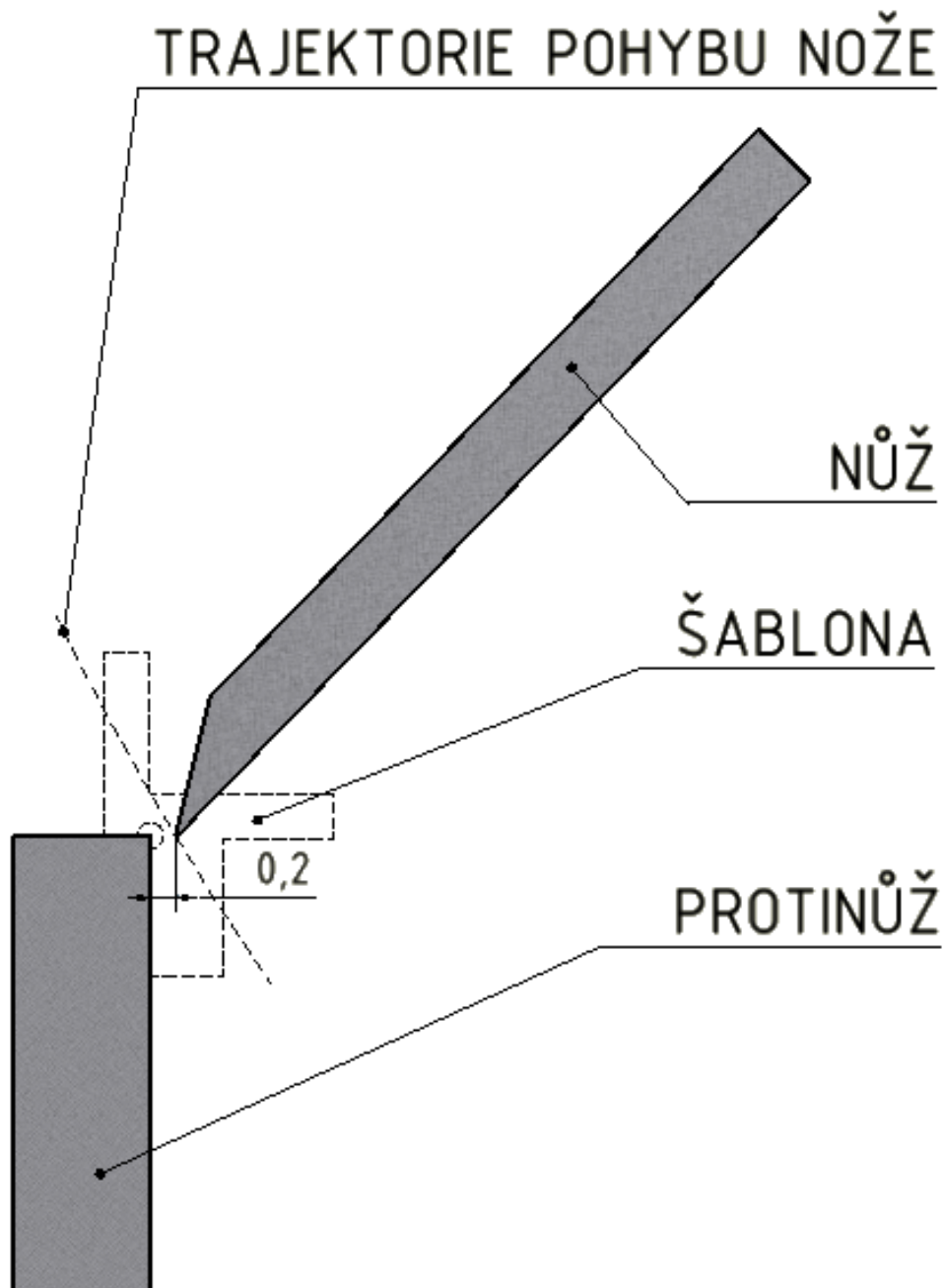
Na obrázku je vidět, jak bude vypadat seskupení nůž, šablona a protinůž z boku. Obrázek byl vytvořen v programu Autodesk Inventor. Je zde již použita šablona s vypočtenou korekcí, to znamená, že horizontální vůle mezi špičkou nože a hranou protinože bude pouze 0,04mm.



Obrázek 26: Pohled z boku s využitím šablony.

3.2.5.2. Pohled z boku po provedeném ustavení nástroje.

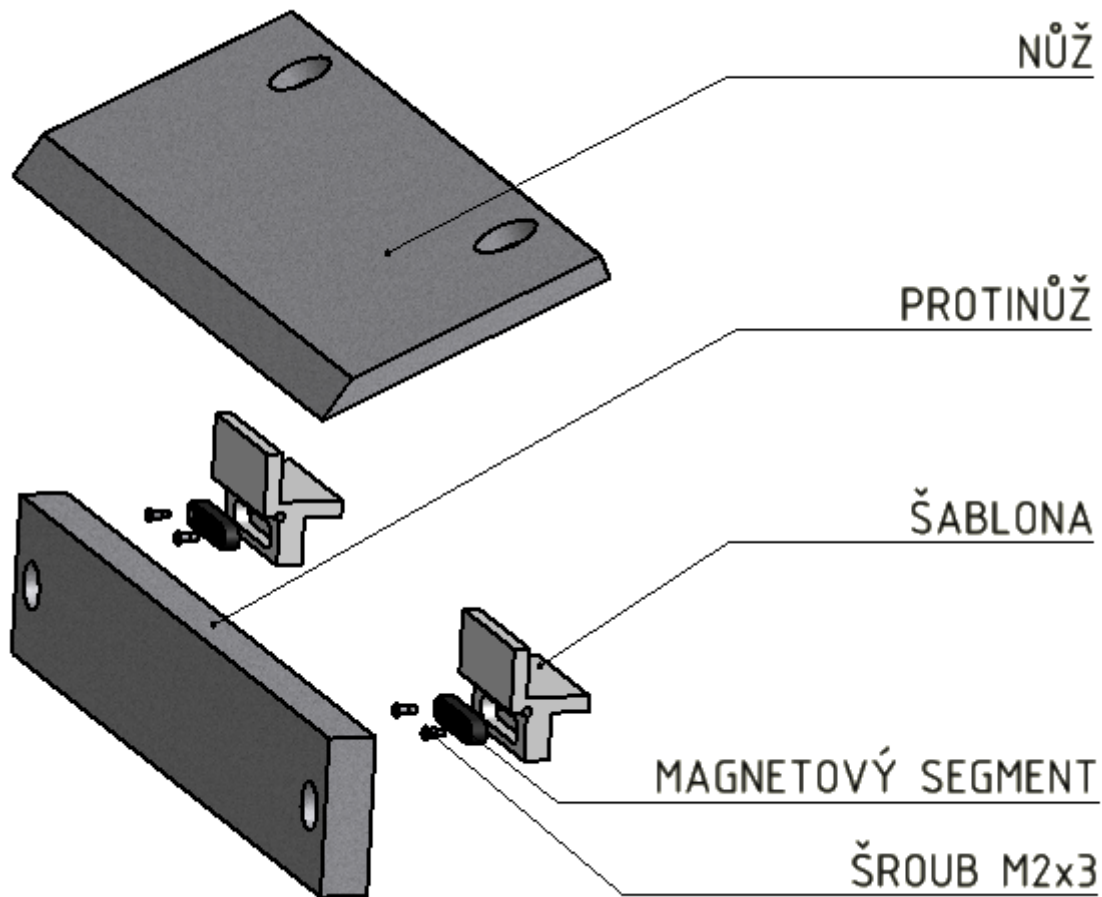
Z obrázku níže je patrné, že korekce šablony byla opravdu nutná. Po použití šablony byla vůle mezi špičkou nože a hranou protinože pouze 0,04mm. Bylo nutné si ale uvědomit, že po vyjmutí šablony z mezery mezi oběma noži a následném pootočení rotoru s nožem o vertikální hodnotu rovnou (vertikální rozměr, kterou urazí špička nože) tloušťce šablony se řezná vůle zvětší právě na požadovaný rozměr 0,2mm.



Obrázek 27: Pohled z boku po provedeném ustavení nástroje.

3.2.5.3. Izometrický model uskupení řezný nůž, šablona a protinůž.

Na obrázku je izometrický model, který byl rovněž vytvořen v programu Autodesk Inventor. Z obrázku je patrné, že ve finálním řešení byly použity dvě šablony.



Obrázek 28: Izometrický model uskupení řezný nůž, šablona a protinůž.

4. Hodnocení

- Byl proveden návrh a skica nastavovací šablony.
- Uchycení k protinoži bylo vyřešeno za pomoci segmentu z permanentního magnetu.
- Tento segment byl připevněn k šabloně pomocí dvou šroubů z důvodu možné výměny v případě poškození segmentu.
- Byla vypočtena korekce nastavovací šablony.
- Následovala volba materiálů a výpočet hmotností šroubů, magnetového segmentu a tělesa šablony.
- Byl vytvořen výkres sestavení a následně také jednotlivé výrobní výkresy tělesa šablony a magnetového segmentu.
- Pro simulaci daného řešení bylo vymodelováno strojní uskupení řezný nůž, šablona a protinůž v programu Autodesk Inventor.
- Řešením se výrazně zkrátí čas na ustavení nástroje při jeho výměně.
- Tímto řešením se eliminuje také možná chyba způsobena vlivem lidského faktoru.

5. Závěr

V současnosti je velmi důležité druhotné zpracování odpadů. To samozřejmě platí i o zpracování odpadu, který vzniká v dřevozpracujícím průmyslu, to je například odpad z pil, truhláren apod. Aby toto odvětví pro zpracovávání dřevního odpadu bylo efektivní, je zapotřebí, aby bylo dosaženo co největší produktivity práce.

V průběhu mé Bakalářské práce jsem se snažil nalézt vhodné řešení pro upínání nástroje strojní sekačky dřevního odpadu. Nejprve jsem byl důkladně seznámen s nynějším stavem upínání. Zjistil jsem, že tato metoda je poměrně zdlouhavá a do značné míry také závisí na zkušenostech obsluhy stroje. Je třeba si uvědomit, že produktivita práce je v dnešní době jedním z nejdůležitějších ukazatelů. Proto, je velmi důležité zkracovat neproduktivní čas strojů tzv. prostoje strojů, mezi které výměna nástroje bezpochyby patří. Výměna obou nožů na strojní sekačce dřevního odpadu trvá při dnešním stavu upínání, pokud je dobře zaškolená obsluha stroje přibližně 1 až 1,5hod. Proto po této úvaze byly vytvořeny dva nové návrhy, jak upnutí nástroje provést.

První byl ten, že se do stěny skříně rotoru vyrobí otvor, který bude opatřen nějakým druhem transparentního a současně tvrzeného materiálu, který by odolal nárazům dřevních štěpek, které létávají vysokou rychlostí při práci stroje a naráží do stěn. Přes tento otvor by bylo možné sledovat, v jaké poloze se nůž nachází a tak jej dříve nastavit do správné polohy. Návrh byl ale posléze zavržen v důvodu jeho náročnosti, jak už co se týče výrobní, tak i z důvodu ekonomické.

Druhý návrh, který se později ukázal, jako lépe proveditelný byl návrh s použitím nastavovací šablony. Tato šablona zajistí potřebnou řeznou vůli mezi špičkou nože a hranou protinože. V průběhu návrhu bylo zjištěno, že pro tento účel lépe vyhovují dva kusy totožných šablon o délce 50mm. V případě použití jedné dlouhé bychom riskovali, že nám mezi protinožem a šablonou zůstanou drobné dřevní nečistoty, které zde vznikají při chodu stroje. Při použití této šablony se výrazně zkrátí doba na ustavení nástroje, protože při současném stavu je velice nepravděpodobné, že by se obsluze stroje podařilo špičku nože nastavit na první pokus tak, aby byla řezná vůle 0,2mm. Touto metodou se také do značné míry eliminuje vznik možné chyby při ustanovování způsobené vlivem lidského faktoru.

Seznam obrázků:

| | |
|--|----|
| Obrázek 1: Logo firmy..... | 9 |
| Obrázek 2: Letecký pohled na firmu a její okolí..... | 9 |
| Obrázek 3: Nově vyrobená převodovka firmou SG strojírna s.r.o..... | 11 |
| Obrázek 4: Ukázka vibračního třídiče dřevní frakce. | 12 |
| Obrázek 5: Strojní sekačka dřevního odpadu..... | 12 |
| Obrázek 6: Vertikální drtič s hydraulicky posuvnou násypkou. | 14 |
| Obrázek 7: Kladívkový mlýn. | 15 |
| Obrázek 8: Produkt sekačky dřevního odpadu..... | 15 |
| Obrázek 9: Produkt drtiče dřevního odpadu. | 16 |
| Obrázek 10: Produkt mlýnu dřevního odpadu. | 16 |
| Obrázek 11: Výrobek z produktů po zpracování dřevního odpadu. | 17 |
| Obrázek 12: Výrobky z výsledných produktů strojů zpracovávajících dřevní odpad. | 18 |
| Obrázek 13: Model strojní sekačky dřevního odpadu v programu Autodesk Inventor (izometrický pohled). | 19 |
| Obrázek 14: Rotor strojní sekačky po odklopení korního ochranného krytu. | 20 |
| Obrázek 15: Pohled na rotor sekačky pootočený směrem dolů pro přístup k imbusovým šroubům, které zajišťují pohyb nože a jeho následné ustavení. | 20 |
| Obrázek 16: Nůž strojní sekačky dřevního odpadu spolu s upínací čelistí..... | 21 |
| Obrázek 17: Detail rozebrané misky pro posuv nože při ustavování..... | 21 |
| Obrázek 18: Upnutý protinůž..... | 22 |
| Obrázek 19: Skica návrhu řešení..... | 24 |
| Obrázek 20: Skica pro výpočet korekce..... | 25 |
| Obrázek 21: ΔABC | 26 |
| Obrázek 22: $\Delta A'B'C'$ | 27 |
| Obrázek 23: Výkres sestavení šablony..... | 30 |
| Obrázek 24: Výrobní výkres tělesa šablony..... | 31 |
| Obrázek 25: Výrobní výkres magnetového segmentu. | 32 |
| Obrázek 26: Pohled z boku s využitím šablony. | 33 |
| Obrázek 27: Pohled z boku po provedeném ustavení nástroje..... | 34 |
| Obrázek 28: Izometrický model uskupení řezný nůž, šablona a protinůž. | 35 |

Seznam použité literatury:

- [1] SG strojírna s.r.o. [online] citováno [27. 10. 2011 až 15. 2. 2012] Dostupné z <http://www.sg-stroj.cz>
- [2] PROKEŠ, Stanislav. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva 1978*, kap. Třískování dřeva na výrobu třískových desek (roztřískovače) Praha: SNTL, 1978.
- [3] MAGSY [online] citováno [11.4.2012 13:00] Dostupné z <http://www.magsy.cz>
- [4] První čestná s.r.o. [online] citováno [11.4.2012 10:00] Dostupné z <http://www.nerezovesrouby.cz>
- [5] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky 2003*, Polotovary str. 274. ISBN 80-86490-74-2.
- [6] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky 2003*, Vlastnosti a použití vybraných materiálů str. 238. ISBN 80-86490-74-2.
- [7] Interní dokumenty SG strojírný s.r.o.
- [8] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie*, Část 1, Ostrava 2004.
- [9] STANĚK, J., NĚMEJC, J. *Metodika zpracování a úprava diplomových prací*. Plzeň: ZČU 2005.