



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Bakalářská práce

KONSTRUKČNĚ TECHNOLOGICKÝ NÁVRH SOUČÁSTÍ SIGNOVACÍHO STROJE

Autor: Otakar Kuchař

Vedoucí práce: Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.

Konzultant: Ing. Roman Uhlíř, Ph.D.

Obor: Technologie, materiály a ekonomika strojírenství

Praha 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kuchař** Jméno: **Otakar** Osobní číslo: **437116**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výroba a ekonomika ve strojírenství**
Studijní obor: **Technologie, materiály a ekonomika strojírenství**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Konstrukčně technologický návrh součástí signovacího stroje

Název bakalářské práce anglicky:

Design of the seaming machine parts

Pokyny pro vypracování:

1. Konstrukční návrh převodů signovacího stroje
2. Tvorba výkresové dokumentace
3. Návrh technologie výroby vybraných součástí.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

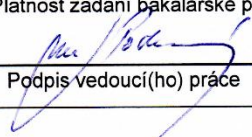
Ing. BcA. Jan Podaný Ph.D., ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

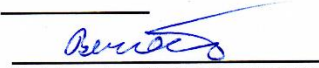
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

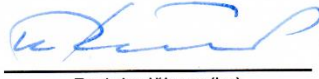
Datum zadání bakalářské práce: **20.04.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15.07.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: _____


Podpis vedoucí(ho) práce

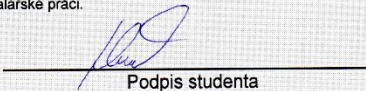

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

27.4.2017
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu literatury.

V Praze dne: 3.7.2017

Podpis:

Poděkování:

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. BcA. Janu Podanému, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc a dále Ing. Romanu Uhlířovi, Ph.D. za odborné rady a konzultace.

Anotace:

Hlavním cílem této bakalářské práce je konstrukční návrh, tvorba výkresové dokumentace a návrh technologie výroby vybraných součástí signovacího stroje.

Tato práce se dělí na tři části. V první části, konstrukční, najdeme návrh jednotlivých převodů, předpjatý šroubový spoj a také uložení hřídele a náboje v podobě ozubeného kola. V té druhé jsem z konstrukčního návrhu vytvořil výkresovou dokumentaci vybrané hřídele a ozubeného kola a následně ve třetí části navrhl technologii výroby těchto dvou komponent.

Klíčová slova:

Lemovací stroj, signovací stroj, hřídel, ozubené kolo, obráběcí stroj, obráběcí nástroj

Abstract:

The main aim of this bachelor thesis is to design, create the drawing documentation and create the technology of production of selected parts of the trimming/signing machine.

This work is divided into three parts. In the first part, we find the design of individual gears, the prestressed screw connection and also the shaft and gear assembly. In the second, we find design drawings of the shaft and gear assembly and in the third part, I designed the technology of producing of these two components.

Key words:

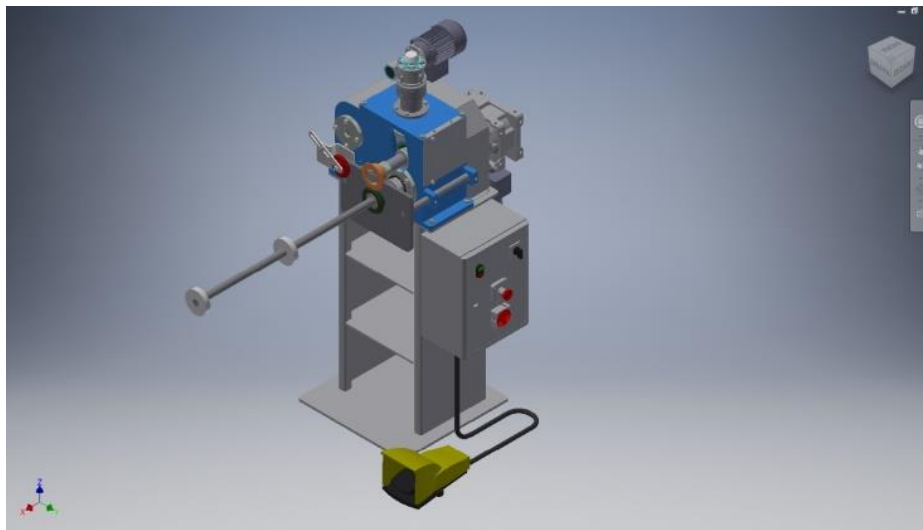
Trimming machine, signing machine, shaft, gear, machine tool, cutting tool

Obsah

1	Úvod	7
2	Konstrukční návrh	14
2.1	Převody stroje a doprovodné výpočty	14
2.2	Krouticí momenty a otáčky hřídelí	15
2.3	Spojení hřídele a náboje prostřednictvím pera	16
2.4	Předpjatý šroubový (závitový) spoj	19
3	Tvorba výkresové dokumentace	26
4	Technologický návrh	27
4.1	Výrobní postup hřídele	27
4.2	Výpočet polotovaru	32
4.3	List nástrojů	32
4.4	List strojů	34
4.5	Výrobní postup ozubeného kola	36
4.6	Výpočet polotovaru	40
4.7	List nástrojů	40
4.8	List strojů	42
4.9	Technologie výroby a povrchových úprav	44
4.10	Soustružení	44
4.11	Vrtání	45
4.12	Broušení	46
4.13	Povrchové úpravy – cementování a kalení	48
5	Závěr	50
6	Legenda použitých zkratk a veličin	51
7	Seznam použité literatury	52
8	Seznam tabulek	54
9	Seznam obrázků	55
10	Seznam příloh	56

1 Úvod

Signovací stroj, zkráceně signovačka, se řadí do skupiny strojů tvářecích. Našli bychom ho v kategorii signovacích a lemovacích strojů. Jak z názvu a zařazení vypovídá, toto zařízení pracuje na principu tváření, ohýbání, lemování, vroubkování nebo obrubování plechů a plechových součástí různých tloušťek. V praxi, ve firmě Roka Ráža, spol. s r.o. (dále jen Roka Ráža), jsem se setkal s vytvářením lemů na komínových rourách různých velikostí a průměrů tloušťky od 0,5 do 1 mm. Toto lemování slouží k následnému spojení dvou a více těchto součástí za účelem vytvoření kouřovodu, komínového systému o určité délce. Tato operace je však pouze jednou z mnoha, kterou toto zařízení svede. Díky univerzálnosti stroje z hlediska neomezené výměny rolnovacích koleček, lze dosáhnout několika typů operací. Mezi nejčastější patří například již zmíněné lemování za účelem spojení dvou a více plechových součástí, různé druhy vroubkování, stříhání, osazení a ohranění plechu a plechových součástí. Signovací stroj také nalezne své využití při zhotovování např. podlahových plechů, kapot, dveří, nádrží, vyztužování plechových dílů, pro klempířské a izolačerské plechové díly. Dá se také použít ve stavebním klempířství, v izolátorství, ale i při renovaci automobilů-veteránů.



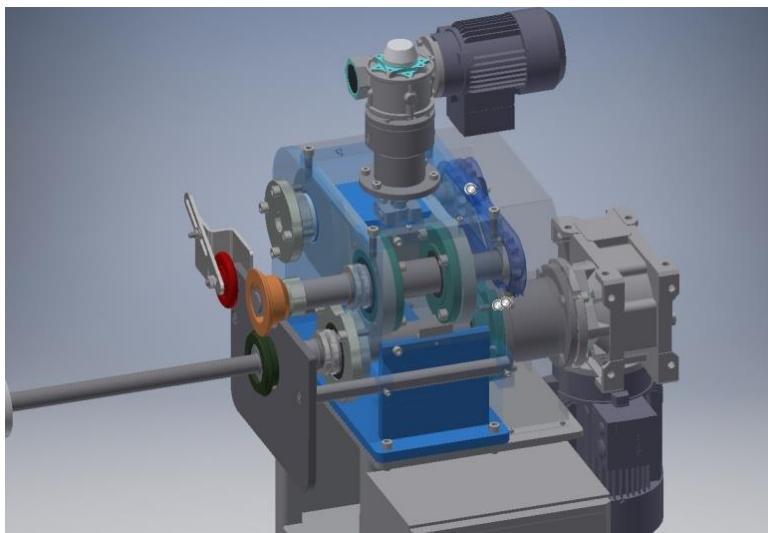
Obr. K1: Model – pohled 1

V této práci bych se však zaměřil pouze na jeden typ, respektive jedno využití, a to v návaznosti na mé pracovní působení ve výše zmíněné firmě Roka Ráža. V této společnosti jsem měl možnost se s tímto strojem seznámit osobně. Toto zařízení si až na nákup několika komponent zkonstruovali a vyrobili sami. Ve výrobní hale této firmy se nachází hned několik druhů těchto strojů.



Obr. K2: Signovací stroj – přední pohled

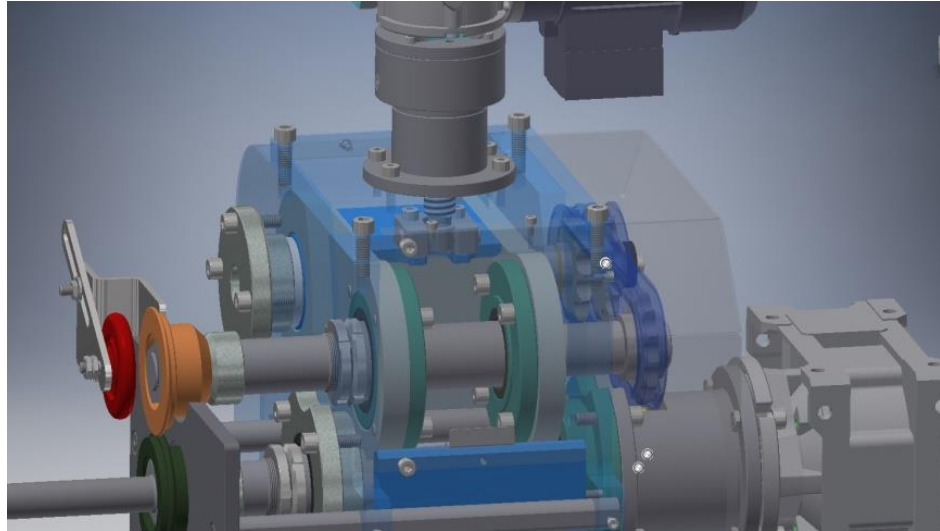
Jako nejpoužívanější bych označil signovačku poháněnou elektrickým motorem se šnekovou převodovkou, kde přítlak rolnovacího kolečka vůči druhému zajišťuje další elektrický motor se šnekovou převodovkou. Zařízení v této podobě jsem v rámci tvorby mé bakalářské práce vymodeloval a zkonstruoval v programu Autodesk Inventor pro můj následný technologicko-konstrukční rozbor.



Obr. K3: Model – pohled 2

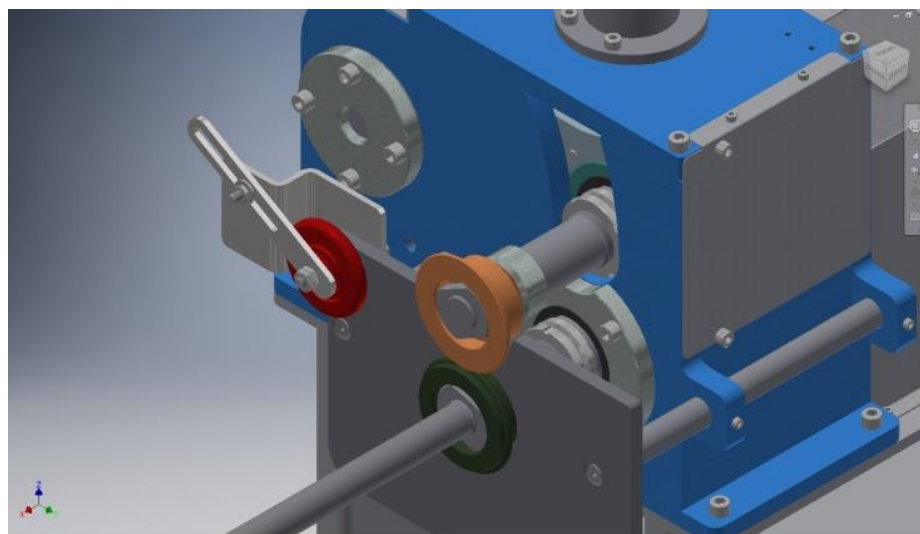
Tento vymodelovaný stroj se skládá z několika komponent, mezi které patří stojan s podstavcem a dvěma odkládacími prostory. Na pravé straně stojanu se nachází skříň s elektrickým zařízením. Ze skříně vychází kabel do spínacího šlapadla. Dále se stroj skládá ze tří hřídelí, které jsou vzájemně propojeny pomocí ozubených a řetězových kol. Tyto hřídele pohání elektrický motor

se šnekovou převodovkou. Druhý, menší a méně výkonný elektromotor se šnekovou převodovkou se nachází v horní části signovačky. Slouží k přitlaku, k pohybu horní hřídele s rolnovacím kolečkem vůči hřídeli spodní s negativním rolnovacím kolečkem.

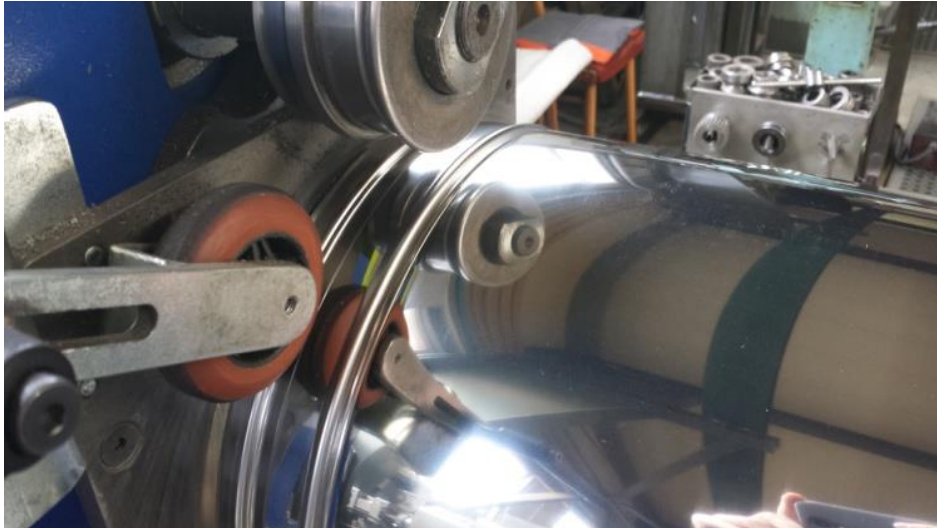


Obr. K4: Model – pohled 3

Celý stroj je dále vybaven plechovými kryty pro zajištění bezpečnosti při manipulaci s ním. Na zařízení bychom našli také jedno pohyblivé a polohovací kolečko pro snadnější manipulaci s plechovým dílem při lemování či obrubování. Nedílnou součástí tohoto stroje je nespočet šroubků a matic a dalších spojovacích, přidržovacích a funkčních komponent jako například pojistné kroužky, ložiska hřídelů nebo nosné tyče.



Obr. K5: Model – pohled 4



Obr. K6: Signovací stroj – záběr rolen

Jedno ze stěžejních částí zařízení je konstrukce přítlaku, kterou popíši o několik řádků níže. Tento celý mechanismus koná jakýsi kolébkový pohyb, proto všechny tyto zmíněné komponenty jsou součástí ocelové konstrukce s názvem kolébka. Snadnou manipulaci při výměně rolnovacích koleček nám zajišťuje metrický závit na konci horní i dolní hřídele se speciálními a zároveň jednoduchými maticemi vyrobenými pouze pro tento účel.

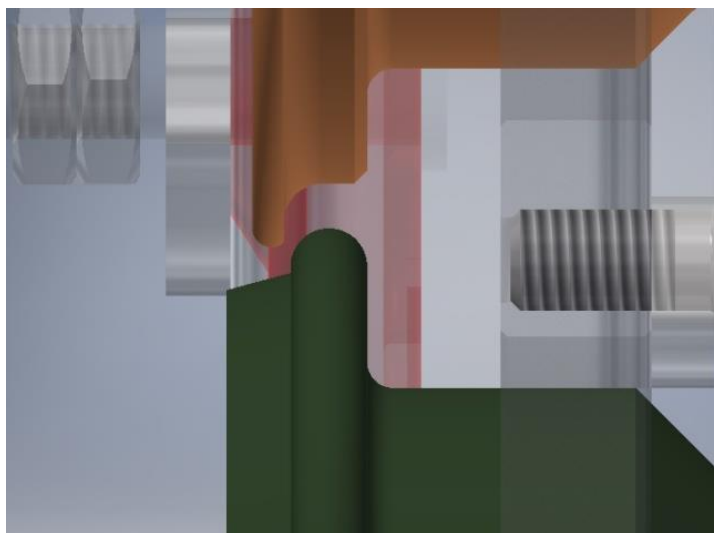


Obr. K7: Signovací stroj – vnitřek s převody



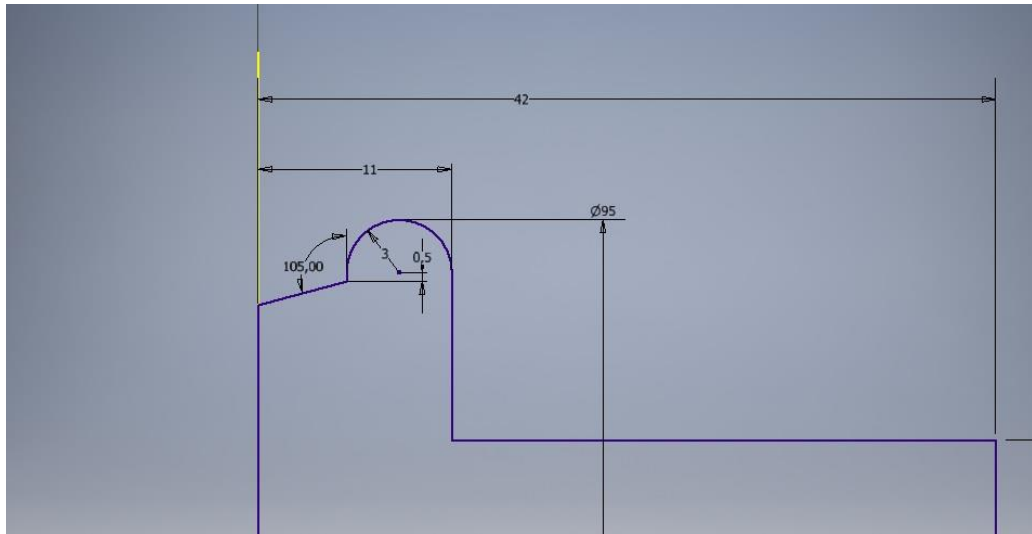
Obr. K8: Model – pohled 5

Technologie tvorby lemů, obrub a dalších operací signovačky spočívá, jak již bylo zmíněno, v pohybu horní hřídele, respektive horní rolny, vůči statické (pouze rotační pohyb) dolní hřídeli, rolně. Tento pohyb není umístěn pouze v jedné ose, nýbrž ve dvou osách. Právě pohyb ve dvou osách nám zajišťuje zmíněná kolébka. Celý tento pohyb způsobuje přítlačový mechanismus složený z druhého elektromotoru, převodovky, trapézového šroubu a v neposlední řadě axiálního ložiska, který se spouští pomocí spínacího šlapadla.



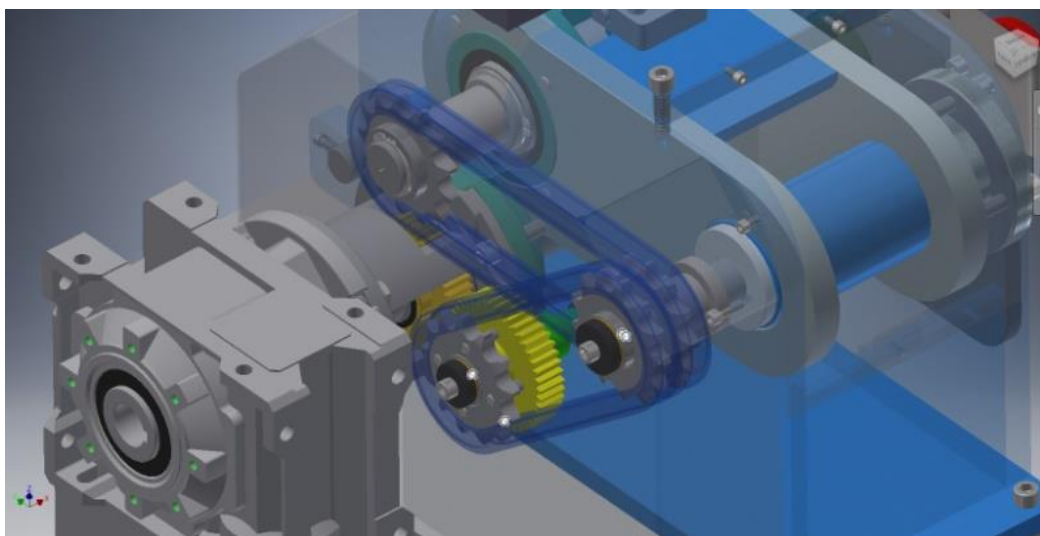
Obr. K9: Detail – rolny

Dolní rolna má negativní rotační tvar proti horní rolně, tudíž dochází ke tvarování plechu mezi rolnami.



Obr. K10: Detail – profil rolny

Rotační pohyb horní hřídele je uskutečněn pomocí elektromotoru a převodovky na dolní, hlavní hřídeli následujícím způsobem: Elektromotor pomocí šnekové převodovky roztočí hlavní hřídel. Na hřídeli je osazené ozubené kolo. To přenesení pohyb na jakousi mezihřídel, na které je osazené druhé, stejné ozubené kolo. Na stejné hřídeli je umístěné řetězové kolo. To přenesení rotaci pomocí řetězu na spojovací hřídel, kde je druhé řetězové kolo. Na té samé, spojovací hřídeli je další, již třetí řetězové kolo, které opět pomocí řetězu přenesení rotaci na čtvrté kolo na horní hřídeli. Toto spojení je výhodné pro použití kolébkového mechanismu.



Obr. K11: Model – pohled 6

Ozubená kola a řetězová kola jsou vůči sobě v poměru jednu ku jedné, tudíž nám změnu krouticího momentu ovlivní pouze účinnosti těchto kol. Přítomnost soukolí způsobí rotaci horní hřídele oproti spodní v opačném směru. I díky těmto pohybům dojde k vytvoření profilu na plechu.

V dalších kapitolách se budu zabývat pouze vybranými komponentami z technologického i konstrukčního hlediska. V té první se bude jednat o konstrukční rozbor a výpočty hřídelů a mechanismů s nimi souvisejícími. Ve druhé pak budu řešit problematiku technologickou v podobě výrobních postupů vybraných částí.



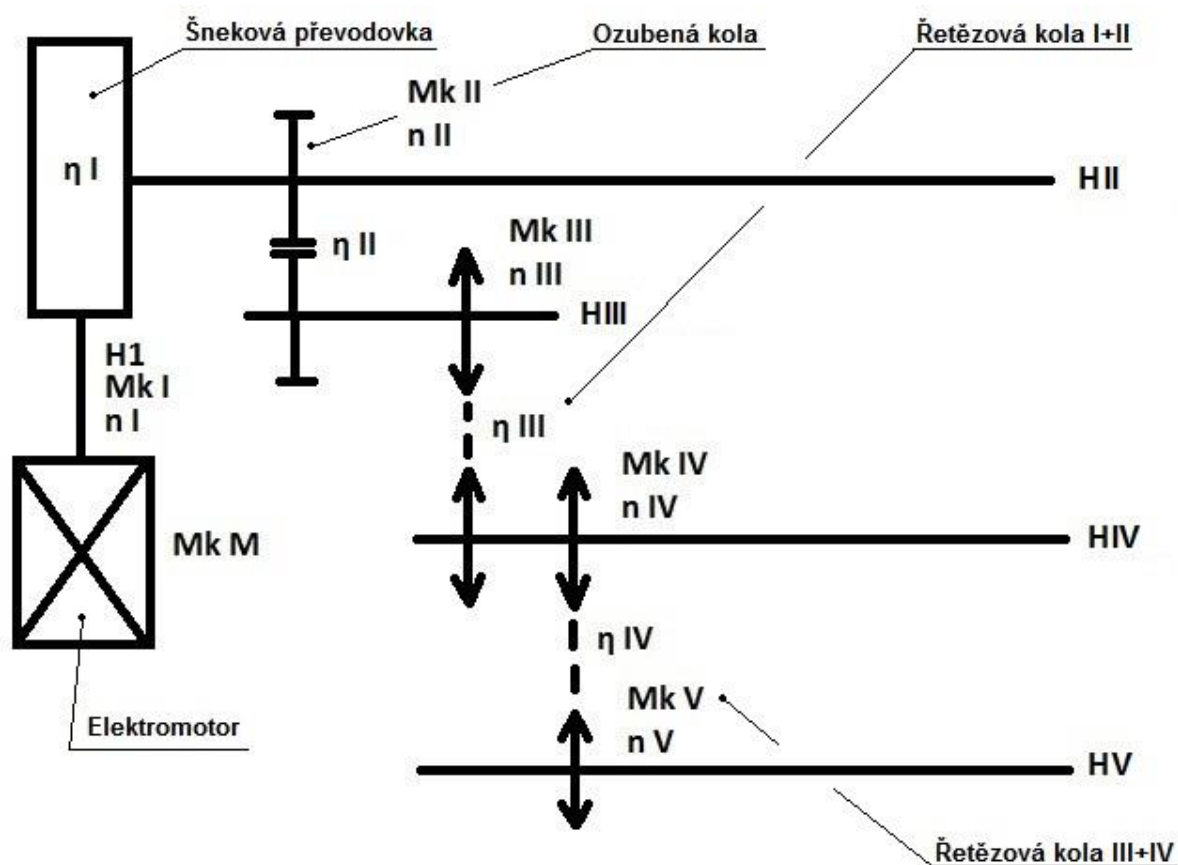
Obr. K12: Model – pohled 7

2 Konstrukční návrh

V konstrukční části mé práce jsem se zaměřil na návrh několika jednotlivých komponent a jejich vzájemných vztahů. Celou tuto problematiku budu doprovázet několika výpočty.

2.1 Převody stroje a doprovodné výpočty

Nejdříve jsem si připravil výchozí náčrt pro lepší představu celé problematiky a pro snadnější výpočty. Následně jsem zobrazil zjednodušený mechanismus převodů mezi jednotlivými hřídelemi viz obr. K13. Celý tento mechanismus spočívá v pohybu hřídelí pomocí elektromotoru se šnekovou převodovkou. Ke každé hřídeli jsem uvedl značení krouticího momentu a otáček označené římskými číslicemi opět pro lepší orientaci ve výpočtech. Mezi hřídeli, u převodů jsem také vložil značení účinností. Samozřejmostí je krouticí moment u elektrického motoru. Nedílnou součástí je také účinnost šnekového soukolí.



Obr. K13: Schéma pohonu signovacího stroje

Pomocí náčrtu a několika vzorců nyní dokážu spočítat jednotlivé krouticí momenty a otáčky hřídelí. Z literatury jsem si však ještě musel vyčíst jednotlivé účinnosti. Všechny výchozí hodnoty pro následné výpočty jsem uvedl v tabulce K1. Některé z nich jsem vyčetl z literatury, některé z katalogů od výrobců, některé jsem si zjistil od zaměstnanců podniku, kde tento stroj využívají.

2.2 Krouticí momenty a otáčky hřídelí

Tab. K1: Krouticí momenty a otáčky hřídelí

$i_{\text{šnek}}$ – převodový poměr šnek. převodovky	30
P_M – výkon motoru	1,32 kW
n_{motor} – otáčky motoru	1390 min ⁻¹
η_I – účinnost šnekového soukolí – 1chodé	0,74
η_{II} – účinnost ozubených kol	0,98
η_{III} – účinnost řetězového převodu	0,94
η_{IV} – účinnost řetězového převodu	0,94

$$\eta_{\text{celk.}} = \eta_I \cdot \eta_{II} \cdot \eta_{III} \cdot \eta_{IV} = 0,74 \cdot 0,98 \cdot 0,94 \cdot 0,94 \cong 0,64$$

$$i_{\text{šnek}} = \frac{n_{\text{motor}}}{n_{II}} ; n_{II} = \frac{n_{\text{motor}}}{i_{\text{šnek}}} = \frac{1390}{30} \cong 46 \text{ min}^{-1}$$

$$\omega_M = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_M}{60} = \frac{\pi \cdot n_M}{30} = \frac{\pi \cdot 1390}{30} = 145,56 \text{ s}^{-1}$$

$$M_{kM} = \frac{P_M}{\omega_M} = \frac{1320}{145,56} = 9,07 \text{ Nm}$$

$$M_{kI} = M_{kM} = 9,07 \text{ Nm}$$

$$M_{kII} = M_{kI} \cdot i_{\text{šnek}} \cdot \eta_I = 9,07 \cdot 30 \cdot 0,74 = 201,35 \text{ Nm}$$

$$M_{kIII} = M_{kII} \cdot i_{II-III} \cdot \eta_{II} = 201,35 \cdot 1 \cdot 0,98 = 197,32 \text{ Nm}$$

$$M_{kIV} = M_{kIII} \cdot i_{III-IV} \cdot \eta_{III} = 197,32 \cdot 1 \cdot 0,94 = 185,48 \text{ Nm}$$

$$M_{kV} = M_{kIV} \cdot i_{IV-V} \cdot \eta_{IV} = 185,48 \cdot 1 \cdot 0,94 = 174,35 \text{ Nm}$$

Z jednotlivých převodů řetězových a ozubených kol a také šnekového soukolí se dají jednoduše odvodit otáčky na jednotlivých hřídelích. Tyto hodnoty jsem uvedl v následující tabulce.

Tab. K2: Otáčky na hřídelích

n_I – otáčky na hřídeli H1	1390 min ⁻¹
n_{II} – otáčky na hřídeli H2	46 min ⁻¹
n_{III} – otáčky na hřídeli H3	46 min ⁻¹
n_{IV} – otáčky na hřídeli H4	46 min ⁻¹
n_V – otáčky na hřídeli H5	46 min ⁻¹

Další částí mého konstrukčního rozboru vybraných součástí signovacího stroje je návrh spojení hřídele (H2) a náboje prostřednictvím pera. Pro absolutní zajištění a preciznost bych vybral variantu zajištění pomocí pojistné KM matice a MB podložky. Pro jednoduchost a úspornost bude však dostačující zajistit náboj pomocí pojistného kroužku. Mně osobně se více líbí varianta s pojistným kroužkem. Tento návrh doplněný výpočty však nebude volba z těchto dvou možností ovlivňovat. Rozdíl se každopádně projeví v příloženém výkresu.

2.3 Spojení hřídele a náboje prostřednictvím pera

Navrhl jsem tedy nepohyblivé spojení náboje ozubeného kola na výstupní hřídeli převodové skříně s tímto hřídelem pomocí těsného pera (ČSN 02 2562). Vyřešil jsem konstrukčně toto spojení, včetně axiálního zajištění náboje pomocí pojistného kroužku.

V následující tabulce uvádím již známé nebo výše vypočtené hodnoty.

Tab. K3: Spojení hřídele a náboje prostřednictvím pera

M_{kM}	9,07 Nm
$i_{šnek}$	30
η_I	0,74
τ_{kD}	50 N/mm ²

Vstupní hodnotou je točivý moment elektromotoru M_{kM} a parametry převodovky ($i_{šnek}$ a η_I). Dovolené napětí v krutu výstupního hřídele $\tau_{kD} = 50 \text{ N/mm}^2$. Materiál náboje je ocel, zatížení klidné. Spoj je nepohyblivý s netvrzenými povrchy.

Točivý moment na výstupní hřídeli převodovky M_{kII} :

$$M_{kII} = M_{kM} \cdot \eta_I \cdot i_{šnek} = 9,07 \cdot 0,74 \cdot 30 \cdot 1\,000 = 201\,354 \text{ Nmm}$$

Výstupní průměr hřídele převodovky (válcový konec) a návrh průměru hřídele pod kolem:

$$d_{H'} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{kII}}{\pi \cdot \tau_{kD}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 201\,354}{\pi \cdot 50}} = 27,37 \text{ mm}; d_H = 35 \text{ mm}$$

Nejmenší možný dovolený průměr hřídele ($d_{H'}$) z výpočtu vychází zaokrouhleně 27,37 mm. Pro stabilnější konstrukci z hlediska námahy na hřídel jsem tento rozměr naddimenzoval, a to na hodnotu 40 mm.

Dále si dle průměru hřídele určím rozměry pera, tj. profil $b \times h$ a následnou délku.

Profil pera ($b \times h$):

$$b = 12 \text{ mm}, h = 8 \text{ mm}, f = 0,7 \text{ mm}, l = 32 \div 100 \text{ mm}, t = 4,9 \begin{matrix} +0,2 \\ 0,0 \end{matrix} \text{ mm}, t_1 = 3,1 \begin{matrix} +0,2 \\ +0,1 \end{matrix} \text{ mm},$$

$$R_1 = 0,6 \text{ mm}$$

$$p_D = 100 \text{ N/mm}^2$$

Délka pera a normalizovaná délka pera:

$$l_{a'} \geq \frac{4 \cdot M_{kII}}{d_H \cdot h \cdot p_D} \geq \frac{4 \cdot 201\,354}{40 \cdot 8 \cdot 100} \geq 25,17 \text{ mm}$$

$$l' = l_a' + b = 25,17 + 12 = 37,17 ; l_{\check{C}SN} = 40 \begin{matrix} +0,3 \\ 0 \end{matrix} mm$$

$$l_a = l_{\check{C}SN} - b = 40 - 12 = 28 mm$$

Rozměry spoje a součástí pro axiální pojištění:

$$l_{Nmin} = l + h = 40 + 8 = 48 mm$$

Volím:

POJISTNÝ KROUŽEK 40 ČSN 02 2930

PERO 12h9 × 8 × 40 ČSN 022562

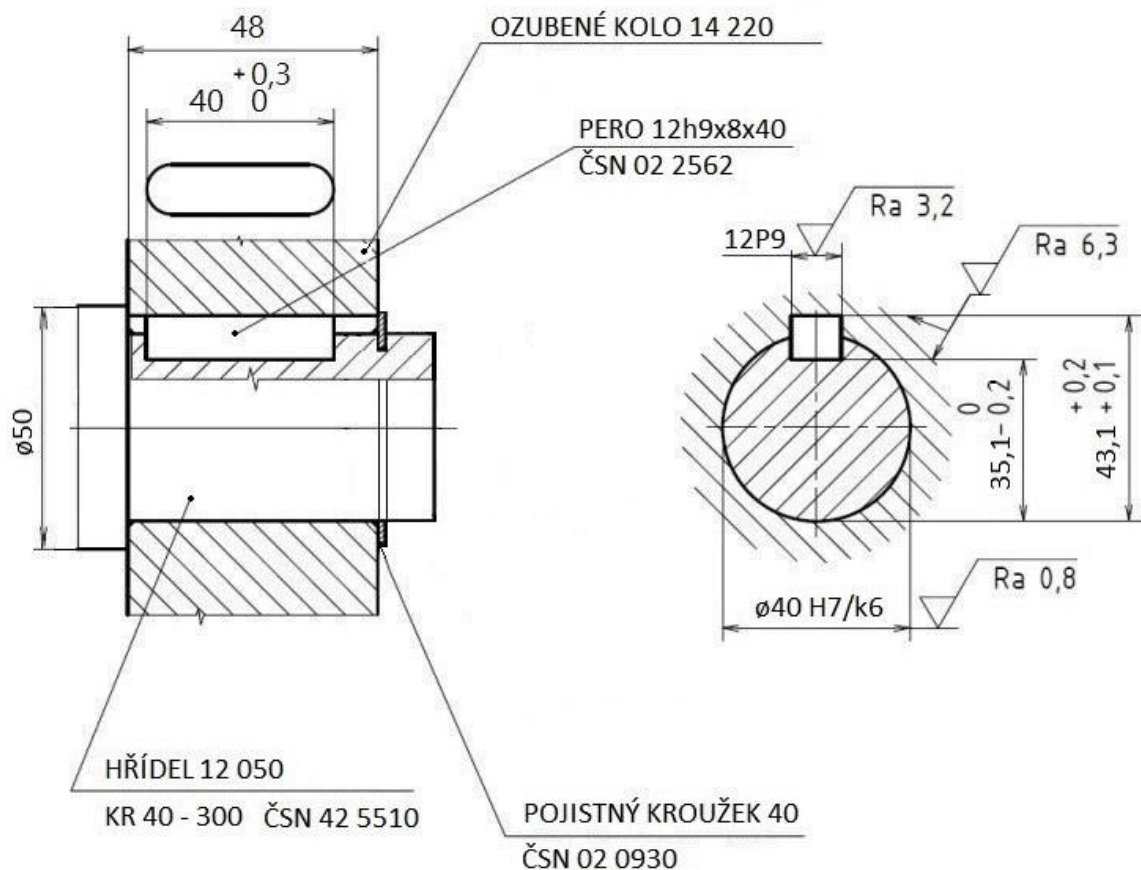
ULOŽENÍ HŘÍDEL A NÁBOJ 40H7/k6

Kontrola pera na otláčení a na stříh:

$$p = \frac{4 \cdot M_{kII}}{d_H \cdot h \cdot l_a} \leq p_D ; p = \frac{4 \cdot 201\,354}{40 \cdot 8 \cdot 28} = 89,89 MPa \leq 100 \frac{N}{mm^2}$$

$$\tau = \frac{2 \cdot M_{kII}}{d_H \cdot b \cdot l_a} \leq \tau_D ; \tau = \frac{2 \cdot 201\,354}{35 \cdot 10 \cdot 30} = 38,35 \frac{N}{mm^2} \leq 60 \frac{N}{mm^2}$$

Následně jsem si zvolil pojistný kroužek, pero s vhodnými rozměry, hřídel a náboj. Napětí v krutu výstupního hřídele a tlak na bocích per a drážek je dle kontrolních výpočtů vyhovující. Vše jsem zakreslil do ilustračního výkresu viz obr. K14.



Obr. K14: Uložení ozubené kolo a hřídel

2.4 Předpjatý šroubový (závitový) spoj

Další problematikou této práce je návrh předpjatého šroubového spoje složeného ze spojovacího šroubu, matice a podložky, spojující dva deskové dílce. Spoj je namáhán stálou vnější osovou silou. Provedu pevnostní kontrolu, určím parametry pro montáž tj. utahovací moment matice. Budu vycházet ze známých hodnot a parametrů spoje viz tab. K4. Dalším známým parametrem nebo vlastností je osová zatěžující síla Q [kN], závit metrický a materiál šroubu v jakostní skupině 10.9. Z toho také určím výchozí materiál 13240, 16521.

Tab. K4: Parametry stroje

f_z'	0,13
f_M	0,15
q_z	1,1
k	1,3
k_X	1,2
E	$2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
v	0,8
q_z	1,1
σ_{pt}	980 N/mm^2
σ_{kt}	880 N/mm^2
$\sigma_{c(-1)}$	330 N/mm^2
F_h	13 kN

Známe tedy součinitel tření v závitové dvojici, součinitel tření pod maticí, součinitel zbytkového předpětí, bezpečnost využití meze kluzu, podíl smykového napětí v redukovaném napětí, modul pružnosti v tahu, míra využití meze kluzu, součinitel provozního napětí a několik napětí vycházející z jakostní skupiny šroubu.

Nyní je možné navrhnout závit šroubu a jeho rozměry včetně výpočtu úhlu stoupání γ , úhlu boku β_n profilu a třecího úhlu ϕ' :

$$d_3' \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_h \cdot k_X \cdot (1+q_z)}{\pi \cdot v \cdot \sigma_{kt}}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 13\,000 \cdot 1,2 \cdot (1+1,1)}{\pi \cdot 0,8 \cdot 880}} \geq 7,76 \text{ mm}$$

Volím:

M10, $P=1,5 \text{ mm}$, $d=D=10 \text{ mm}$, $d_2=D_2=9,026 \text{ mm}$, $d_1=D_1=8,376 \text{ mm}$, $d_3=8,160 \text{ mm}$,
 $i=1$, $\beta=30^\circ$

Dle výpočtu mi vyšel minimální dovolený průměr d_3 7,76 mm. Následně jsem dle strojnických tabulek určil první vyšší d_3 u závitů s hrubou roztečí, a to 8,160 mm. Tento rozměr připadá závitu M10 s roztečí 1,5 mm.

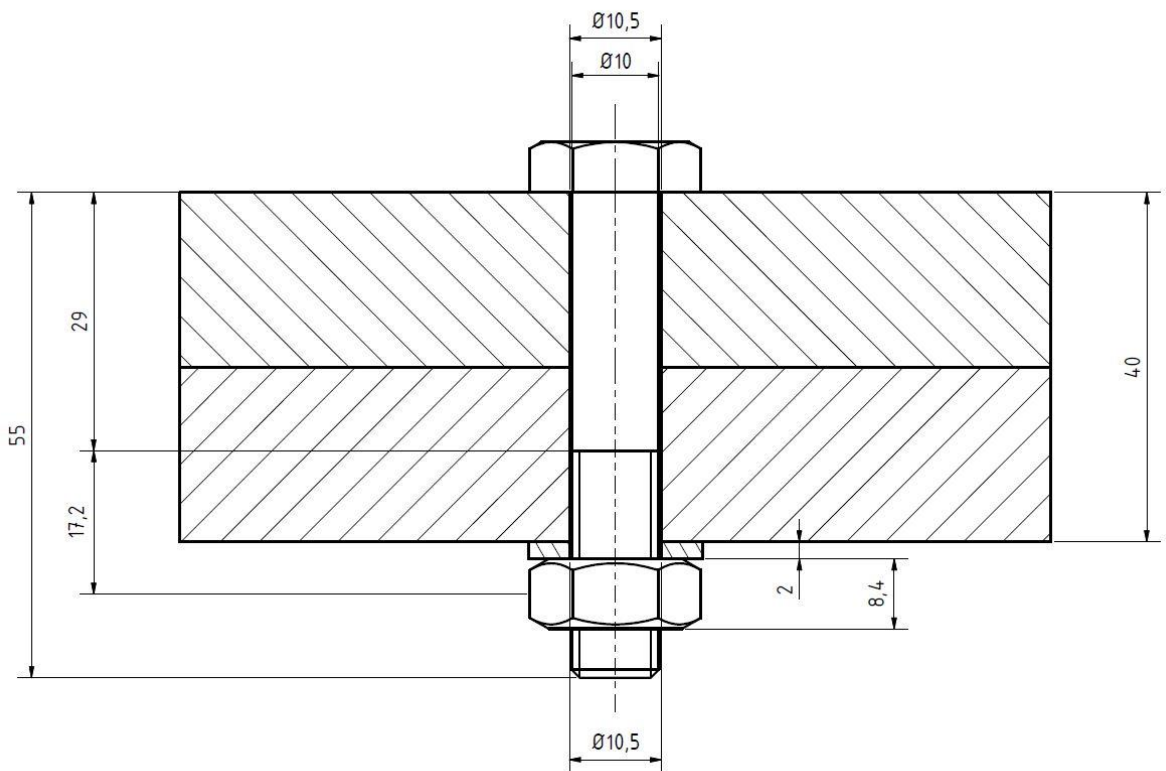
Opět dle tabulek a pomocí několika výpočtů si určím rozměry spojovaného materiálu, a to průměr díry pro šroub (jemná), velký průměr šroubu, průměr díry v podložce, výšku dvou desek, délku dříku šroubu, délku tažené závitové části šroubu, normalizovanou délku šroubu, výšku matice a výšku podložky:

$D_D=10,5$ mm, $d=10$ mm, $D_P=10,5$ mm, $b=26$ mm, $l_s=55$ mm, $H_P=2$ mm, $H_M=8,4$ mm

$$l_{2D} = 4 \cdot d = 4 \cdot 10 = 40 \text{ mm}$$

$$l_d = l_s - b = 55 - 26 = 29 \text{ mm}$$

$$l_z = l_{2D} + H_P + \frac{H_M}{2} - (l_s - b) = 40 + 2 + 4,2 - (55 - 26) = 17,2 \text{ mm}$$



Obr. K15: Šroubový spoj

Vypočítal jsem a určil všechny potřebné rozměry šroubového spoje. Potřebné parametry jsem zobrazil v ilustračním výkresu viz obr. K15. Ještě předtím však navrhnu několik mechanických vlastností tohoto spoje.

Tuhosti přitěžovaných a odlehčovaných částí:

Tuhost šroubu C_s :

$$S_d = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$S_{d2} = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} = \frac{\pi \cdot 9,026^2}{4} = 63,99 \text{ mm}^2$$

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^2 \frac{l_i}{S_i} = \frac{1}{E} \left(\frac{l_d}{S_d} + \frac{l_z}{S_{d2}} \right) = \frac{1}{2,1 \cdot 10^5} \left(\frac{29}{78,54} + \frac{17,2}{63,99} \right) = 3,04 \cdot 10^{-6}$$

$$C_s = \frac{1}{3,04 \cdot 10^{-6}} = 329\,137,82 \text{ N/mm}$$

Tuhost podložky:

$D_p = D_D$; $D = D_p = D_D = 10,5 \text{ mm}$, (šířka matice) $s=16 \text{ mm}$

$$S_p \cong \frac{\pi \cdot (s^2 - D^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (16^2 - 10,5^2)}{4} = 114,47 \text{ mm}^2$$

$$C_p = \frac{E \cdot S_p}{H_p} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot 114,47}{2} = 12\,019\,350$$

Tuhost spojovaného materiálu (desek):

$$S_D = \frac{\pi \cdot ((2d)^2 - D_D^2)}{4} = \frac{\pi \cdot ((20)^2 - 10,5^2)}{4} = 227,57$$

$$C_D = \frac{E \cdot S_D}{l_{2D}} = \frac{2,1 \cdot 10^5 \times 227,57}{40} = 1\,194\,742,5$$

Tuhosti součástí přitěžovaných a odlehčovaných a poměr těchto tuhostí:

Přitěžované „1“

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_S} + \frac{1}{C_P} = \frac{1}{329\,137,82} + \frac{1}{12\,019\,350} = 3,12 \cdot 10^{-6}$$

$$C_1 = 320\,364,95$$

Odlehčované „2“

$$C_2 = C_D = 1\,194\,742,5$$

Poměr tuhosti

$$\frac{C_2}{C_1} > 5$$

$$\frac{1\,194\,742,5}{320\,364,95} > 5; 3,73 < 5$$

Určil jsem jednotlivé tuhosti ve šroubovém spoji. Dále spočítám, respektive navrhnu montážní předpětí a provozní síly včetně prodloužení přitěžovaných součástí a stlačení odlehčovaných součástí při dosažení předpětí (Δl_1 a Δl_2).

$$Q_0 = Q_Z + \frac{C_2}{C_1 + C_2} \cdot F_h = \left(q_z + \frac{C_2}{C_1 + C_2} \right) \cdot F_h = \left(1,1 + \frac{1\,194\,742,5}{320\,364,95 + 1\,194\,742,5} \right) \cdot 13\,200 \\ = 24\,928,9 \text{ N}$$

$$Q_{1max} = Q_0 + \frac{C_1}{C_1 + C_2} \cdot F_h = 24\,928,9 + \frac{320\,364,95}{320\,364,95 + 1\,194\,742,5} \cdot 13\,200 = 27\,720\, N$$

Prodloužení přitěžovaných součástí a stlačení odlehčovaných součástí při dosažení předpětí (Δl_1 a Δl_2):

$$\Delta l_1 = \frac{Q_0}{C_1} = \frac{24\,928,9}{320\,364,95} = 0,0778\, mm$$

$$\Delta l_2 = \frac{Q_0}{C_2} = \frac{24\,928,9}{1\,194\,742,5} = 0,0209\, mm$$

Provedl jsem všechny potřebné výpočty a návrhy pro problematiku předpjatého šroubového (závitového) spoje. Mohu tedy vytvořit grafický výstup v podobě diagramu spoje prodloužení – síla (viz příloha 3).

Výpočet napětí v jádře šroubu

Tahové napětí od předpětí a provozních sil:

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} = \frac{\pi \cdot 8,160^2}{4} = 52,30\, mm^2$$

$$\sigma_{Q0} = \frac{Q_0}{S_3} = \frac{24\,928,9}{52,3} = 476,65\, Nmm^{-2}$$

$$\sigma_{1max} = \frac{Q_{1max}}{S_3} = \frac{27\,720}{52,3} = 530,02\, Nmm^{-2}$$

Napětí v krutu při dosažení předpětí šroubu:

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{i \cdot P}{\pi \cdot d_2} = 3,03^\circ$$

$$\varphi' = \tan^{-1} f_z' = 7,41^\circ$$

$$M_k = Q_0 \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\gamma + \varphi') = 24\,928,9 \cdot \frac{9,026}{2} \cdot \tan(3,03 + 7,41) = 20\,729,57 \text{ Nmm}$$

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_3^3}{16} = \frac{\pi \cdot 8,160^3}{16} = 106,68 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{M_k}{W_k} = \frac{20\,729,57}{106,68} = 194,32 \text{ Nmm}^{-2}$$

Maximální redukované napětí pro maximální provozní zatížení šroubu:

Hypotéza: energetická (HMH) $\alpha = \sqrt{3}$

$$\sigma_{red_{max}} = \sqrt{\sigma_{1max}^2 + \alpha^2 + \tau^2} = \sqrt{530,02^2 + 3 + 194,32^2} = 564,52 \text{ Nmm}^{-2}$$

Statická bezpečnost:

$$k = \frac{\sigma_{Kt}}{\sigma_{red_{max}}} = \frac{880}{564,52} = 1,56$$

Velikost utahovacího momentu

Třecí moment mezi maticí a deskou:

$$M_{TM} = \frac{Q_0 \cdot f_M \cdot \left(\frac{s + D_D}{2}\right)}{2} = \frac{24\,928,9 \cdot 0,15 \cdot \left(\frac{16 + 10,5}{2}\right)}{2} = 24\,773,09 \text{ Nmm}$$

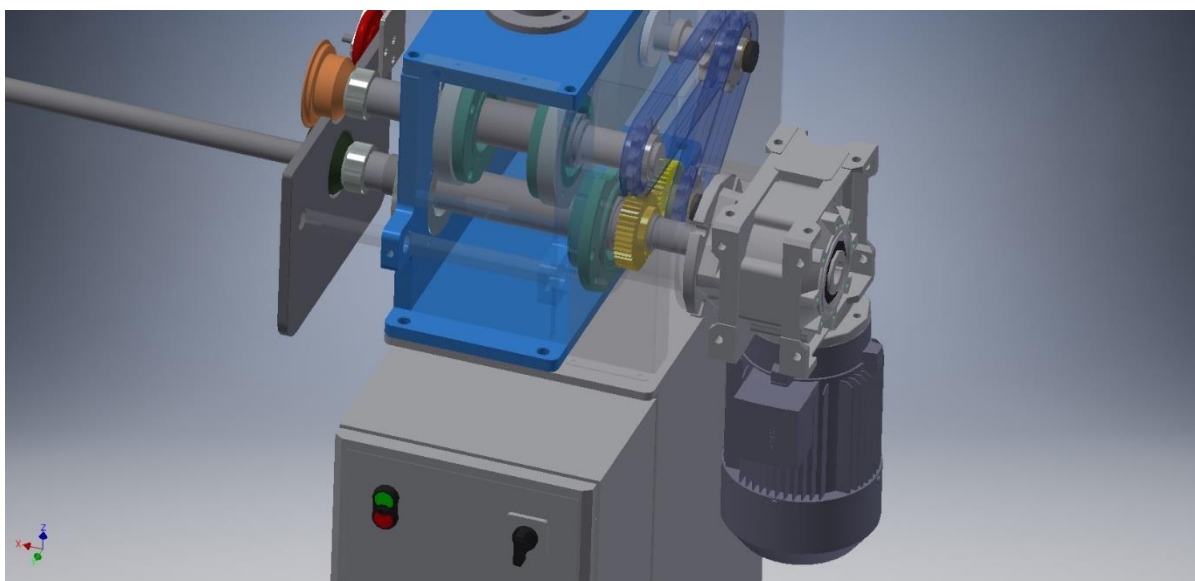
Utahovací moment:

$$M_{kk} = M_k + M_{TM} = 20\,729,57 + 24\,773,09 = 45\,502,66 \text{ Nmm}$$

[1], [2], [3], [4], [5]

3 Tvorba výkresové dokumentace

V rámci setkání se zaměstnanci ve firmě Roka Ráža jsem vytvořil dva výkresy vybraných částí signovacího stroje. Na prvním výkresu je hlavní hřídel vystupující ze šnekové převodovky a na druhém najdeme ozubené kolo, jehož uložení je navrhnuté v konstrukční části této práce. Tyto výkresy, respektive jejich tvorbu jsem prodiskutoval s hlavním konstruktérem této společnosti a svým vedoucím této bakalářské práce.



Obr. V1: Uložení hřídel – náboj

Na základě svých výpočtů jsem tedy začal konstruovat nejprve hlavní hřídel, která vystupuje ze šnekové převodovky a hlavního elektromotoru. Následně jsem zkonstruoval ozubené kolo. Hlavním tématem této tvorby byla volba uložení hřídel a náboj. Jako nejvhodnější nám přišla varianta uložení pomocí těsného pera. Toto uložení se dále zajistí pojistným kroužkem. Jak je již uvedeno v konstrukční části, akceptovatelná by byla i varianta zajištění ozubeného kola na hřídeli pomocí KM matice a MB podložky. Z praktického i ekonomického hlediska je však vybraná varianta vhodnější. Pro toto uložení se následně vybrala tolerance H7/k6. Kvalita povrchu dosedacích ploch hřídele i náboje byla zvolena Ra 0,4 μm . Nedílným, avšak vedlejším tématem byl návrh rozměrové tolerance a kvality povrchu částí hřídele, na kterých jsou v signovacím stroji umístěna valivá kuličková ložiska. Rozměrová tolerance se zvolila k6 a kvalita povrchu Ra 0,4 μm . Hlavním tématem návrhu ozubeného kola bylo tolerování jeho hlavních rozměrů. Rozměrová tolerance vnějšího průměru kola byla zvolena h8. Jak již bylo

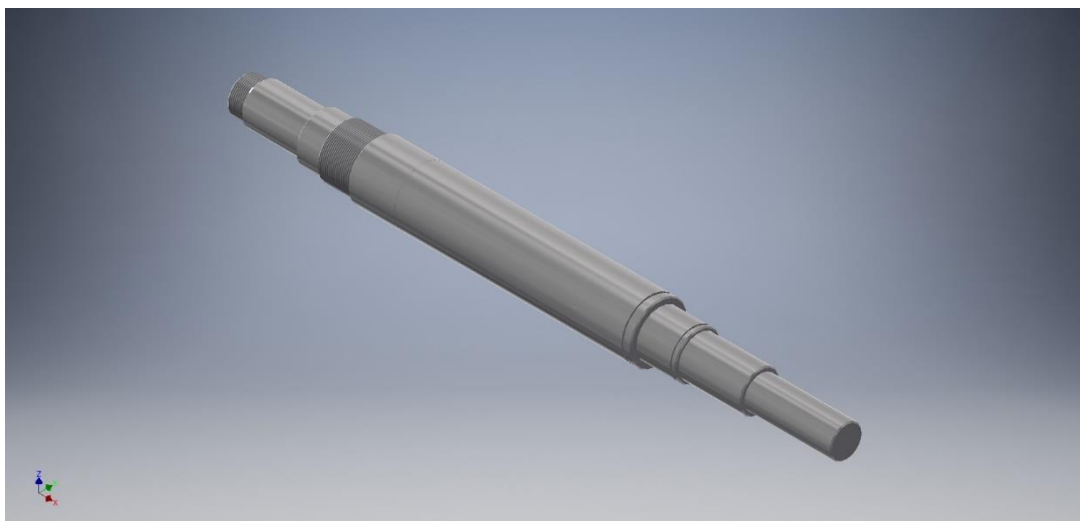
zmíněno, rozměrová tolerance vnitřního průměru se zvolila H8. Pro rozměr 43,1 mm viz Příloha 2: Výrobní výkres č. 122801 – ozubené kolo 1 jsem napočítal dolní mez +0,1 a horní mez +0,2 mm.

4 Technologický návrh

V další, a zároveň poslední části mé práce se zaměřuji již na samotnou výrobu vybraných dvou komponent, a to hřídele vystupujícího ze šnekové převodovky a ozubeného kola umístěného na této hřídeli. Ve firmě Roka Ráža jsem ve spolupráci s vybranými technologiemi prodiskutoval svůj předběžný návrh technologie výroby, dále jsem tento návrh doplnil a poupravil v návaznosti na zkušené rady vedoucího této práce. Tyto výrobní postupy jsem následně ještě doplnil o volbu strojů a nástrojů.


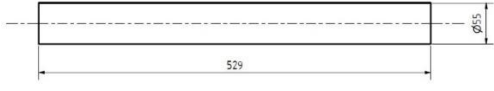

4.1 Výrobní postup hřídele

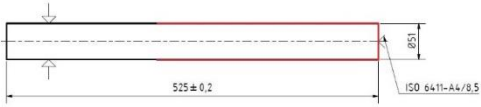
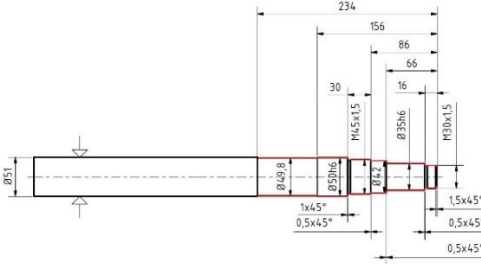
Stejně jako v předchozí kapitole jsem se nejprve začal zabírat tematikou výroby hřídele. Měl jsem tedy již vytvořený výkres součásti a mohl jsem začít se samotným návrhem technologie výroby. Vytvořil jsem proto svůj návrh výrobního postupu. Na tomto postupu jsem se až na pár výjimek shodl s technologiemi ve zmíněné společnosti a také se svým vedoucím práce. Změny, které jsem na základě těchto setkání provedl, spočívaly převážně ve vhodném seřazení jednotlivých výrobních operací. Tyto změny vedly k úspoře celkového času výroby, ke snížení náročnosti výroby a také ke zvýšení ekonomičnosti výroby.



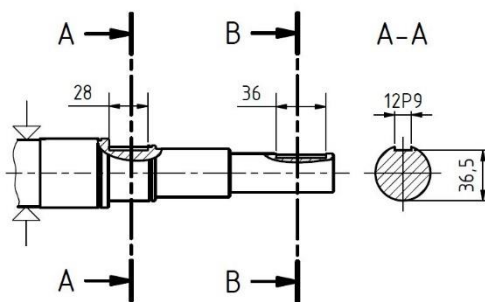
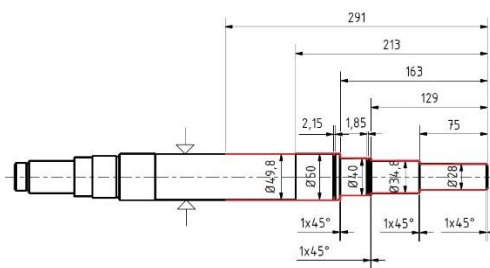
Obr. T1: Hlavní hřídel

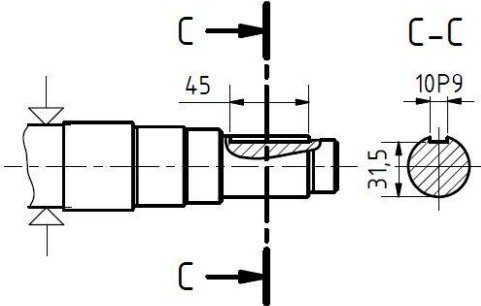
Tab. VP1: Výrobní návodka hřídele

			VÝROBNÍ POSTUP				
Součást: Signovačka – hřídel 1 Číslo výkresu: 122802		Materiál: 12 050 Polotovár: Ø55-529 ČSN 42 5510.12		Jméno: Kuchař Otakar Ročník/kroužek: III/12			
Op.	Prac. (stroj)	Popis práce-náčrt	Nářadí	Řezné podmínky			
				v_c	f	a_p	i
05	Bomar Trans.	a. Upnout za Ø55 do svěráku pily b. Řezat Ø55 v délce 529 c. Vymout 	-Pilový pás				
10	Hyundai Wia	a. Upnout do sklíčidla za Ø55 b. Zarovnat čelo na délku 527 c. Navrtat středící důlek ISO 6411-A4/8,5 d. Soustružit na hrubo Ø51 o délce 200 e. Vymout a otočit obrobek 	-ISO P PCLNR s DCMT -Vrták A10040 0V00S -ISO P PCLNR s CNMG	220	0,3	2	1
				80	0,8	2	1

15	Hyundai Wia	a. b. c. d.	<p>Upnout do sklíčidla za $\varnothing 51$ Zarovnat čelo na délku $525 \pm 0,2$</p> <p>Navrtat středící důlek ISO 6411-A4/8,5</p> <p>Soustružit na hrubo $\varnothing 51$ o zbytkové délce</p> 	-ISO P PCLNR s DCMT -Vrták A10040 0V00S -ISO P PCLNR s CNMG	220 80	0,3 0,8	2 2	1 1
20	Hyundai Wia	a. b. c. d. e. f.	<p>Nechat upnutí a podepřít koníkem</p> <p>Soustružit na hrubo $\varnothing 46$, $\varnothing 43$, $\varnothing 36$, $\varnothing 31$ včetně sražení hran</p> <p>Soustružit na čisto $\varnothing 35k6 (+0,2 \text{ mm})$, $\varnothing 42$, $\varnothing 50k6 (+0,2 \text{ mm})$, $\varnothing 49,8$ včetně drážek</p> <p>Soustružit závit M30x1,5</p> <p>Soustružit závit M45x1,5</p> <p>Vyjmout a otočit obrobek + kontrolovat $\varnothing 35k6$ a $\varnothing 50k6$ a $116 \pm 0,1$ a $66 \pm 0,1$ a $525 \pm 0,2$</p> 	-ISO P PCLNR s CNMG -ISO P PCLNR S DCMT -SEL 2525 M 16 s TN 16EL -SEL 2525 M 16 s TN 16EL	80 220 12 12	0,8 0,3 1,5 1,5	2,5 0,6 0,18 0,18	4 1 10 10

25	Hyundai Wia	<p>a. Upnout do sklíčidla za $\varnothing 49,8$ a podepřít koníkem</p> <p>b. Soustružit na hrubo $\varnothing 41$, $\varnothing 36$, $\varnothing 29$ včetně sražení hran</p> <p>c. Soustružit na čisto $\varnothing 28k6$ (+0,2 mm), $\varnothing 34,8$, $\varnothing 40k6$ (+0,2 mm), $\varnothing 50k6$ (+0,2 mm), $\varnothing 49,8$ včetně drážek</p> <p>d. Vymout + kontrolovat $\varnothing 28k6$ a $\varnothing 40k6$ a $\varnothing 50k6$ a $362\pm 0,1$ a $396\pm 0,1$ a drážky</p>	<p>-ISO P PCLNR s CNMG</p> <p>-ISO P PCLNR s DCMT</p>	80	0,8	2,5	3
30	TOS F2V-R	<p>a. Upnout do dělicí hlavy za $\varnothing 49,8$ a podepřít koníkem</p> <p>b. Frézovat drážku pro pero 8P9 s délkou 36 na $\varnothing 28k6$</p> <p>c. Frézovat drážku pro pero 12P9 s délkou 28 na $\varnothing 40k6$</p> <p>d. Vymout + otočit obrobek</p>	<p>-Drážk. fréza HSS 2192</p> <p>-Drážk. fréza HSS 2192</p>				



35	TOS F2V-R	a. b. c. d.	<p>Upnout do dělicí hlavy za $\varnothing 49,8$ a podepřít koníkem</p> <p>Frézovat drážku pro pero 10P9 s délkou 45 na $\varnothing 35k6$</p> <p>Odjehlít hrany</p> <p>Vyjmout + kontrola drážek</p> 	-Drážk. Fréza HSS 2192 -Pilník				
40	KNUTH RSM 500 (5x)	a. b. c. d. e. f. g.	<p>Upnout mezi hroty</p> <p>Brousit $\varnothing 28k6$ na Ra 0,4</p> <p>Brousit $\varnothing 35k6$ na Ra 0,4</p> <p>Brousit $\varnothing 40k6$ na Ra 0,4</p> <p>Brousit $\varnothing 50k6$ na Ra 0,4</p> <p>Brousit $\varnothing 50k6$ na Ra 0,4</p> <p>Vyjmout</p>	-Brousící kotouč 400 x 50 x 203				
45	OTK	a. b. c. d. e. f. g. h. i. j. k. l.	<p>Kontrolovat:</p> <p>$\varnothing 28k6$</p> <p>$\varnothing 35k6$</p> <p>$\varnothing 40k6$</p> <p>$\varnothing 50k6$</p> <p>$\varnothing 50k6$</p> <p>Drsnost Ra 0,4 na $\varnothing 28k6$</p> <p>Drsnost Ra 0,4 na $\varnothing 35k6$</p> <p>Drsnost Ra 0,4 na $\varnothing 40k6$</p> <p>Drsnost Ra 0,4 na $\varnothing 50k6$</p> <p>Drsnost Ra 0,4 na $\varnothing 50k6$</p> <p>Závit M30x1,5</p> <p>Závit M45x1,5</p>	<p>-Třmenový kalibr k6 $\varnothing 28$, $\varnothing 35$, $\varnothing 40$, $\varnothing 50$</p> <p>-Drsnoměr TIME 3220/3221</p> <p>-Třmenový závitový kalibr M30x1,5 a M45x1,5</p>				

4.2 Výpočet polotovaru

Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510.12

Průměr použité tyče : $D_{max} = 50\text{mm}$

$$P = 0,05 \times D_{max} + 2$$

$$D_p = D_{max} + P$$

$$P = 4,5 \text{ mm}$$

$$D_p = 54,5\text{mm} = 55 \text{ mm}$$

Délka polotovaru: $l_p = l_{max} + P_{zč}$

$$l_p = 525 + 2 \times 2 = 529 \text{ mm}$$

Pro pilu: $40Ks \quad N_m = 529 + 0,9 + 70/40 = 531,65 \text{ mm} = 532 \text{ mm}$

Objedná se 6 m dlouhá tyč pro 11 kusů. Pro 44 (40) kusů se objedná 4 x 6m tyč.

$6000 - (11 \times 532) = 148 \text{ mm}$ – zbytek z 6m dlouhé tyče.

Polotovar : KR 55-529 ČSN 42 5510.12

Tyč: 4xKR 55-6000 ČSN 42 5510.12-14220

Materiál: Ocel 12 050

4.3 List nástrojů

- **Pilový pás M42, 4780 x 34 x 1,1 5/8 zubů [10]**
- **Soustružnický nůž k vnějšímu soustružení na hrubo [11]**

- Nůž Pramet ISO PCLNR ISO 2020 K12

$$b = h = 20$$

$$f = 32$$

$$l_1 = 150$$

$$l_2 = 36$$

$$\lambda_s^\circ = \gamma_o^\circ = -6$$

- VBD CNMG 120408E-FM, materiál: T9325

$$r_{\varepsilon} = 0,8$$

$$f_{\min} = 0,15$$

$$f_{\max} = 0,45$$

$$a_{p \min} = 0,8$$

$$a_{p \max} = 3,0$$

- **Soustružnický nůž k vnějšímu soustružení na čisto [11]**

- Nůž Pramet ISO PCLNR ISO 2020 K12

- VBD DCMT 070204E-FM materiál: T8330

$$r_{\varepsilon} = 0,4$$

$$f_{\min} = 0,08$$

$$f_{\max} = 0,24$$

$$a_{p \min} = 0,4$$

$$a_{p \max} = 2,0$$

- **Soustružnický nůž k vnějšímu soustružení závitu [11]**

- Nůž SEL 2525 M 16

- VBD TN 16EL 150M, stoupání 1,5

- **Středící vrták A100400V000S [12]**

- průměr: 10 mm

- malý průměr/průměr hrotu: 4 mm

- délka: 56 mm

- hmotnost: 0,02 kg

- **Zapichovací nůž [11]**

- nůž GFKL 1616 H02

- VBD LCMF 022002-F1, a = 2 mm

- **Stopková fréza HSS 2192 8 mm [13]**

- souměrné břity

- průměr frézy: 8 mm

- délka břitu: 10 mm

- celková délka: 62 mm
- materiál HSS
- Norma ČSN 222192 / 22 2192

- **Stopková fréza HSS 2192 10 mm [13]**

- **Stopková fréza HSS 2192 12 mm [13]**

- **Broušící kotouč [14]**
 - 400 x 50 x 203

- **Digitální posuvné měřítko ČSN 25 1231**

- **Třmenový kalibr k6 ČSN 253180 Ø28, Ø35, Ø40, Ø50**

- **Drsnoměr TIME 3220/3221**

- **Závitový kalibr M30 x 1,5 + M40 x 1,5**

4.4 List strojů

- **Pásová pila Bomar Transverse 410.260 DGH [16]**
 - Poloautomatický pracovní režim – posuv materiálu manuální
 - Hydraulický upínání materiálu a posuv ramene
 - Výkon: 1,1 – 1,5 kW
 - Rychlost pilového pásu: 120 m/min
 - Rozsah úhlových řezů: -45° až 60°

- **CNC soustruh Hyundai Wia L210LMA [17]**
 - Třiosý CNC
 - Šikmé lóže 45°
 - Průměr sklíčidla: 8“
 - Maximální průměr tyče: 105 mm
 - Maximální délka tyče: 600 mm
 - Otáčky vřetena: 4000 ot/min

- Zdvih (X/Z): 210/550 mm
- Rychloposuvy (X/Z): 36/36 m/min
- Hmotnost: 4300 kg

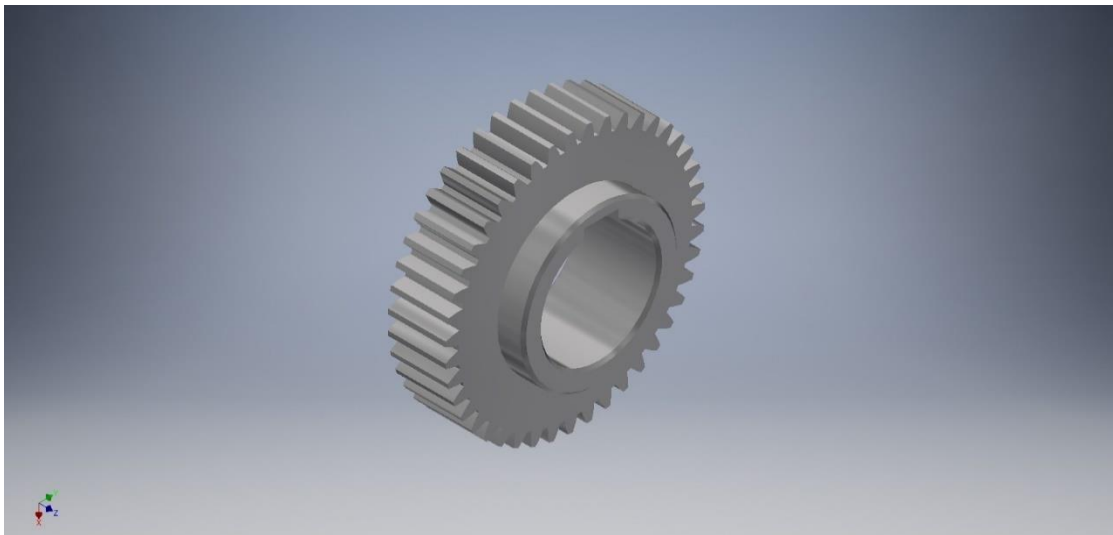
- **Bruska KNUTH RSM 500 A (5x) [18]**
 - Průměr broušení: 8-200 mm
 - Broušené délka: 600 mm
 - Hmotnost obrobku: max. 50 kg
 - Obvodové rychlosti: 35 m/s
 - Posuv stolu: 0,1 – 4 mm/min
 - Výkon pohonu stroje: 4 kW
 - Rozměr brusného kotouče: 400 x 50 x 203
 - Hmotnost: 2500 kg

- **Konzolová frézka TOS F2V-R [19]**
 - Vertikální konzolová frézka
 - Celkový příkon: 12000 W
 - Výkon motoru: 3000 W
 - Otáčky: 60 – 4 000 U.min⁻¹
 - Maximální zatížení stolu: 200 kg
 - Hmotnost: 1550 kg

Nyní jsem dokončil výrobní postup hlavní hřídele spolu s výrobní návodkou. Tuto podkapitolu jsem dále doplnil o stručný přehled použitých strojů a nástrojů pro tuto výrobu. V další podkapitole se zaměřím na výrobní postup ozubeného kola, které je součástí uložení spolu s výše uvedenou hřídelí. Tento postup dále také doplním výrobní návodkou.


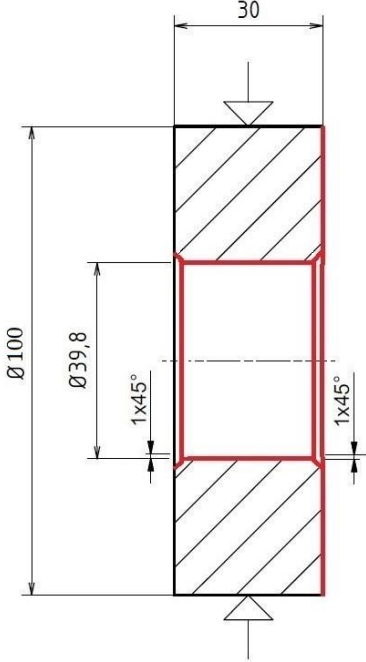
4.5 Výrobní postup ozubeného kola

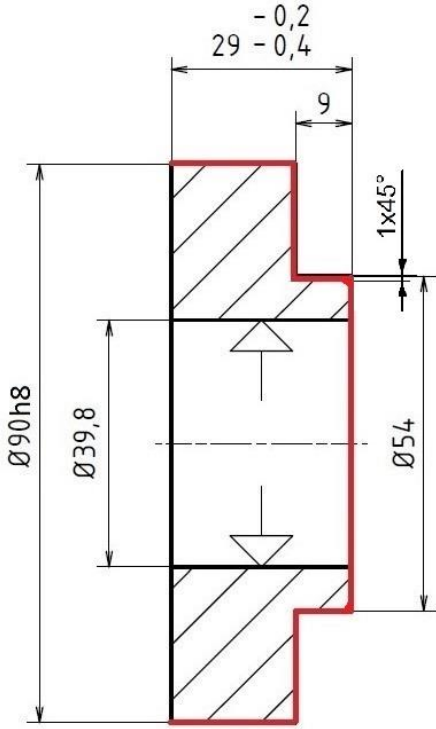
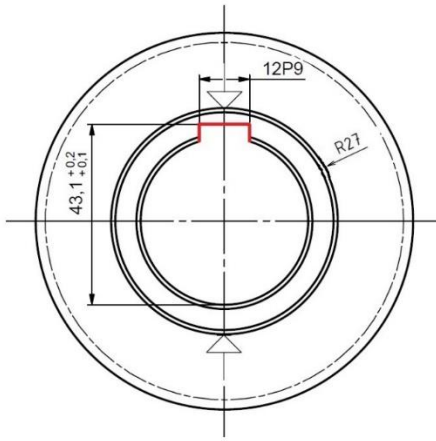
Předposlední částí této kapitoly je návrh výrobního postupu vybraného ozubeného kola. Tentokrát již došlo k větším změnám v mém původním návrhu. Hlavním tématem tohoto návrhu bylo vhodné zařazení operací povrchových úprav do celkového výrobního postupu. Po konzultaci s technologií ze společnosti Roka Ráža jsme došli k názoru, že bude třeba po operaci cementování znovu zarovnat čela a soustružit na hrubo díru ozubeného kola, abychom se zbavili nauhličení těchto částí. Dále jsme zařadili operaci kalení a následně navrhli soustružení zmíněné díry na čisto. Tímto postupem jsme chtěli odstranit nauhličení a zamezit následné zakalení oceli nechtěných částí tohoto komponentu. Po konzultaci se svým vedoucím práce jsme však došli k poměrně odlišnému závěru. Pro celkovou úsporu výrobních časů, nákladů na výrobu i pro zjednodušení celé návodky jsme se rozhodli ponechat nauhličení i u nechtěných částí komponentu. Následně jsme zvolili operaci lokálního kalení, tedy kalení pouze zubů kola. Tímto nedošlo k obávanému zakalení nechtěných ploch součásti. Pro dodržení rozměrové tolerance a drsnosti povrchu díry nám postačilo následné broušení této plochy. Touto operací jsme se zároveň zbavili přebytečného uhlíku. Tento optimalizovaný návrh jsem následně zpracoval do finálního výrobního postupu ozubeného kola.



Obr. T2: Ozubené kolo – náboj hlavní hřídele

Tab. VP2: Výrobní návodka ozubeného kola

		VÝROBNÍ POSTUP						
Součást: Signovačka – ozubené kolo 1 Číslo výkresu: 122801		Materiál: 14 220 Polotovár: Ø100-31 ČSN 42 5510.12		Jméno: Kuchař Otakar Ročník/kroužek: III/12				
Op.	Prac. (stroj)		Popis práce-náčrt	Nářadí	Řezné podmínky			
					v _c	f	a _p	i
05	Hyundai Wia	a.	Upnout do sklíčidla za Ø95	-ISO P PCLNR s DCMT -802 D s SCET 120408-SD	220	0,3	1	1
		b.	Zarovnat čelo na délku 30					
		c.	Vrtat na Ø20	-802 D s SCET 120408-SD	220	0,3	1,9	1
		d.	Vrtat Ø36					
		e.	Soustružit na čisto Ø39,8 včetně sražení hran	-ISO P PCLNR s DCMT	220	0,3	1,9	1
		f.	Vyjmout a otočit obrobek					
								

10	Hyundai Wia	<p>a. Upnout do sklíčidla za $\varnothing 39,8$</p> <p>b. Zarovnat čelo na délku 29 s ohledem na předepsanou toleranci</p> <p>c. Soustružit na hrubo $\varnothing 91$ a $\varnothing 55$ o délce 9 včetně sražení hran</p> <p>d. Soustružit na čisto $\varnothing 90$ s ohledem na předepsanou toleranci a $\varnothing 54$ o délce 9</p> <p>e. Vymout</p>		<p>-ISO P PCLNR s DCMT</p> <p>-ISO P PCLNR s CNMG</p> <p>-ISO P PCLNR s DCMT</p>	<p>220</p> <p>80</p> <p>220</p>	<p>0,3</p> <p>0,8</p> <p>0,3</p>	<p>1</p> <p>3</p> <p>0,5</p>	<p>1</p> <p>7</p> <p>1</p>
15	Urpe MN 200G	<p>a. Upnout do sklíčidla za $\varnothing 54$ (R27)</p> <p>b. Protáhnout drážku pro pero 12P9</p> <p>c. Vymout + kontrola drážky</p>		-HSS TRN 12 mm				

20	OFA 32 CNC 6	<p>a. Upnout do sklíčidla za $\varnothing 39,8$ a podepřít o desku</p> <p>b. Frézovat ozubení na $\varnothing 90h8$ s přídavkem na broušení</p> <p>c. Odjehlít hrany ozubení</p> <p>d. Vyjmout + kontrola ozubení</p>	<p>-Odval. fréza KHSS-E</p> <p>-Pilník</p>					
25	Povrch. úpravy	a. Cementovat do hloubky 0,4 mm						
30	Povrch. úpravy	a. Kalit na tvrdost 58 HRc						
35	OIG 150	<p>a. Upnout do sklíčidla za $\varnothing 54$</p> <p>b. Brousit $\varnothing 39,8$ na $\varnothing 40H7$ Ra 0,4</p>	<p>-Brusné tělísko N.B.F1 32x32x10</p>					
40	Opal 800	<p>a. Upnout do měkkého sklíčidla za $\varnothing 40H7$</p> <p>b. Brousit boky zubů na Ra 0,8</p> <p>c. Vyjmout</p>	<p>-Brousicí kotouč 220x17x4060</p>					
45	OTK	<p>a. Kontrolovat: $\varnothing 40H7$</p> <p>b. $\varnothing 90h8$</p> <p>c. Rozměr 29 s předepsanou tolerancí</p> <p>d. Drsnost Ra 0,4 na $\varnothing 40H7$</p> <p>e. Drsnost Ra 0,8 na zubech</p> <p>f. Drážku 12P9</p> <p>g. Ozubené kolo</p>	<p>-Válečkový kalibr H7 $\varnothing 40$</p> <p>-Třmenový kalibr h8 $\varnothing 90$</p> <p>-Posuvné měřítko -Drsnoměr TIME 3220/3221</p> <p>-Posuvné měřítko -Mikrometr na ozubení</p>					

4.6 Výpočet polotovaru

Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, ČSN 42 5510.12

Průměr použité tyče : $D_{max} = 90 \text{ mm}$

$$P = 0,05 \times D_{max} + 2$$

$$D_p = D_{max} + P$$

$$P = 6,5 \text{ mm}$$

$$D_p = 96,5 \text{ mm} = 100 \text{ mm}$$

Délka tyče pro 1 výrobek: $l_p = l_{max} + P_{zč}$

$$l_p = 29 + 2 \times 1 = 31 \text{ mm}$$

Spotřeba: $80Ks \quad N_m = 31 + 0,9 + 70/80 = 32,775 \text{ mm} = 33 \text{ mm}$

Objedná se 3 m dlouhá tyč pro 90 (80) kusů.

$3000 - (90 \times 33) = 30 \text{ mm}$ – zbytek z 3m dlouhé tyče.

Polotovar : KR 100-31 ČSN 42 5510.12

Tyč: 5xKR 100-3000 ČSN 42 5510.12-14220

Materiál: Ocel 14 220

Mangan - chromová ocel k cementování: 16MnCr5

Vhodná pro součásti jako jsou ozubená kola, hřídele, čepy, spojky.

4.7 List nástrojů

- **Pilový pás M42, 4780 x 34 x 1,1 5/8 zubů [10]**
- **Soustružnický nůž k vnějšímu soustružení na hrubo [11]**

- Nůž Pramet ISO PCLNR ISO 2020 K12

$$b = h = 20$$

$$f = 32$$

$$l_1 = 150$$

$$l_2 = 36$$

$$\lambda_s^\circ = \gamma_0^\circ = -6$$

- VBD CNMG 120408E-FM, materiál: T9325

$$r_{\varepsilon} = 0,8$$

$$f_{\min} = 0,15$$

$$f_{\max} = 0,45$$

$$a_{p \min} = 0,8$$

$$a_{p \max} = 3,0$$

- **Soustružnický nůž k vnějšímu soustružení na čisto [11]**

- Nůž Pramet ISO PCLNR ISO 2020 K12

- VBD DCMT 070204E-FM materiál: T8330

$$r_{\varepsilon} = 0,4$$

$$f_{\min} = 0,08$$

$$f_{\max} = 0,24$$

$$a_{p \min} = 0,4$$

$$a_{p \max} = 2,0$$

- **Destičkový vrták [11]**

- Nůž: 802D – 20 – 72 – S40

- VBD: SCET 120408 – SD

- **Destičkový vrták [11]**

- Nůž: 802D – 36 – 72 – S40

- VBD: SCET 120408 – SD

- **Odvalovací fréza evolventní na šikmé ozubení [15]**

- Úhel záběru: 20°

- Modul: 2

- ČSN 2551.1: KHSS-E, PM povlakem

- **Brousící kotouč na zuby [15]**

- Rozměr: 20 x 17 x 4060

- **Brusné tělísko N.B.F1 na vnitřní průměry [15]**

- Rozměr: 32 x 32 x 10

- **Protahovací trn [15]**
 - HSS 12 mm

- **Digitální posuvné měřítko**
 - ČSN 25 1231

- **Třmenový kalibr**
 - Tolerance: h8
 - Průměr: 90 mm
 - ČSN 253180

- **Válečkový kalibr**
 - Tolerance: H7
 - Průměr: 40 mm
 - ČSN 253126

- **Drsnoměr**
 - TIME 3221

- **Mikrometr na ozubená kola**

4.8 List strojů

- **CNC soustruh Hyundai Wia L210LMA [17]**
 - Třiosý CNC
 - Šikmé lóže 45°
 - Průměr sklíčidla: 8''
 - Maximální průměr tyče: 105 mm
 - Maximální délka tyče: 600 mm
 - Otáčky vřetena: 4000 ot/min
 - Zdvih (X/Z): 210/550 mm
 - Rychloposuvy (X/Z): 36/36 m/min
 - Hmotnost: 4300 kg

- **Frézka OFA 32 CNC 6 [20]**
 - Čelní ozubená kola
 - Přímé i šikmé zuby
 - Maximální průměr nástroje: 160 mm
 - Maximální délka nástroje: 220 mm
 - Rozsah otáček nástroje: 71–700 min⁻¹
 - Výkon hlavního motoru: 12 kW
 - Hmotnost: 8000 kg

- **CNC bruska na zuby OERLIKON MAAG – Opal 800 [22]**
 - Řídicí systém EGAN + SW Opal-dynamický vyvažovací systém TechRal
 - Třída přesnosti broušení: 4
 - Maximální výška ozubeného kola: 300 mm
 - Maximální vnější průměr ozubeného kola: 300 mm
 - Maximální výška ozubení: 250 mm
 - Maximální hmotnost obrobku: 150 kg
 - Modul: 1-16
 - Maximální úhel: ±45°

- **CNC bruska na otvory OIG 150 [21]**
 - Pro broušení průměrů 6-150 mm
 - Maximální délka polotovaru: 150 mm
 - Motor unášecího vřeteníku: 0,75 kW
 - Motor brusného vřeteníku: 1,5 kW
 - Hmotnost stroje: 2300 kg
 - Tři řízené osy

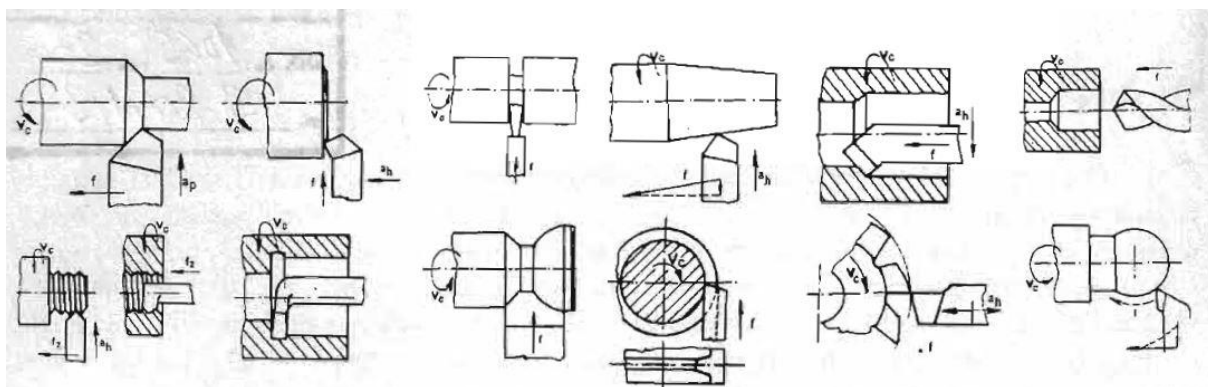
- **Protahovací stroj URPE MN-200G [23]**
 - Maximální pojezd: 530 mm
 - Délka x šířka x výška: 1210 x 1040 x 4950 mm
 - Hmotnost stroje: 880 kg

4.9 Technologie výroby a povrchových úprav

Poslední částí této kapitoly je stručný popis vybraných technologií výroby a povrchových úprav, které jsem při tvorbě výrobních postupů navrhl a použil. Zaměřil jsem se na technologii soustružení, vrtání, broušení a na technologii povrchových úprav cementování a kalení. Tyto technologie byly stěžejní částí tvorby výrobních návodů.

4.10 Soustružení

Soustružení se řadí mezi nepoužívanější metody obrábění. Dalo by se říct, že je to zcela nepoužívanější metoda technologie obrábění. Tato myšlenka by se dala podpořit i faktem, že se touto metodou vyrábí většina rotačních ploch, které se u součástí a komponent vyskytují nejčastěji. Tato metoda je charakteristická hlavním pohybem rotačním, který vykonává obrobek a dále posuvy, které vykonává nástroj. Takto se dá vyrábět celá řada rotačních válcových, kuželových, tvarových a šroubových (závitových) ploch vnějších i vnitřních, malých, drobných i větších. Tímto způsobem lze i vyrábět otvory, vrtat, dělit materiál, upichovat. Na speciálních strojích lze také vyrábět složitější tvary rotační metodou kopírování, vačky, frézy, podtáčením.



Obr. T3: Základní operace soustružení [7]

Soustružení lze také zařadit mezi ty ekonomicky výhodnější dokončovací metody obrábění. Je to způsobeno faktem, že přídavek zbylý po soustružení na hrubo je odebrán na jeden záběr. Z toho vyplývá, že náklady na tuto operaci jsou výrazně nižší, než u jiných dokončovacích metod. Touto metodou lze dosáhnout hodnoty R_a až $0,2 \mu\text{m}$ a třídy přesnosti IT 7 až IT 6.

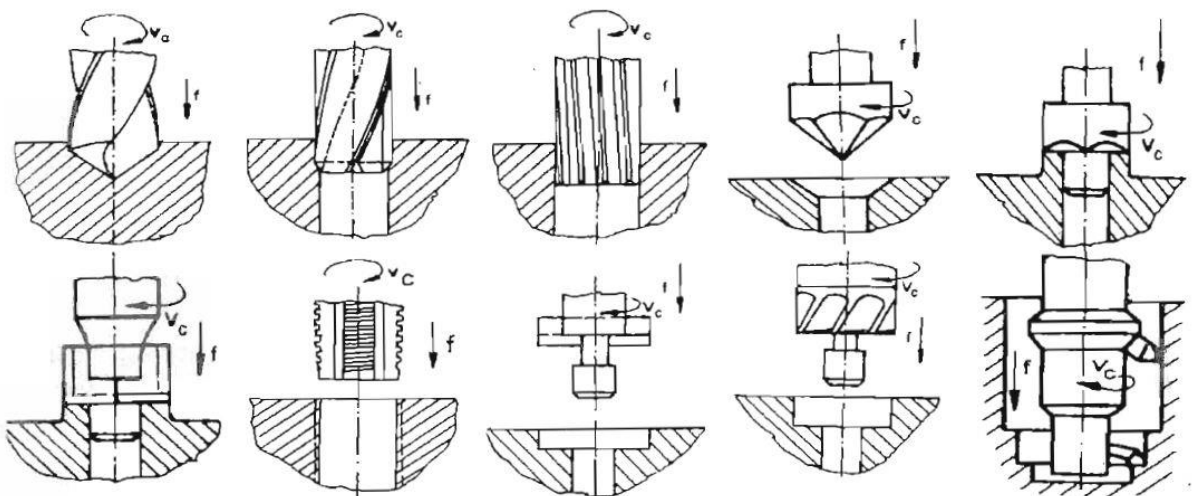
Při této metodě obvykle volíme přídávky na obrábění 0,2 až 0,5 mm na průměr. Obrábí se při relativně vysokých řezných rychlostech od 150 do 1200 m.min⁻¹. Při volbě posuvů se obvykle nepřesahuje hodnota 0,2 mm.

Jako v dnešní době nepoužívanější nástroje se dají označit nože s vyměnitelnými břitovými destičkami. Tyto destičky bývají vyrobeny ze slinutého karbidu, řezné keramiky, polykrystalického nitridu bóru, diamantu a dalších. Vyměnitelné břitové destičky bývají také navíc pokryty povlaky pro ještě lepší výsledky obrábění. Dále se však také používají nástroje monolitní z rychlořezné oceli. Geometrie řezného břitu se má volit tak, aby nástroj umožňoval vhodný vznik třísky menšího průřezu, a aby pracoval bez vzniku nadbytečného chvění. Často také bývá na hrotě zakončený ploškou, protože zaoblený hrot je náchylnější ke vzniku chvění. Dále se také volí úhly, které kolmo na obráběnou plochu vytvářejí malé síly.

Stroji pro operace soustružení jsou soustruhy. Jsou určeny pro obrábění dílů, které lze upnout například do sklíčidla a je zde možnost rotace. Pokud potřebujeme obrábět například díry u větších součástí, je třeba použít svislých soustruhů. Tyto stroje se nazývají karusely nebo také svislé soustruhy. Mimo tento typ soustruhu rozeznáváme soustruh hrotový, revolverový, čelní pro obrábění deskových součástí. Dnes jsou již velmi oblíbené CNC obráběcí centra.

4.11 Vrtání

Tato metoda se používá pro výrobu otvorů válcovitého tvaru, pro zpřesnění otvorů, pro tvorbu kuželovitých otvorů. U této metody je charakteristický hlavní pohyb rotační, který v drtivé většině případů vykonává jedno nebo vícebřitý nástroj a posuv vřeten.

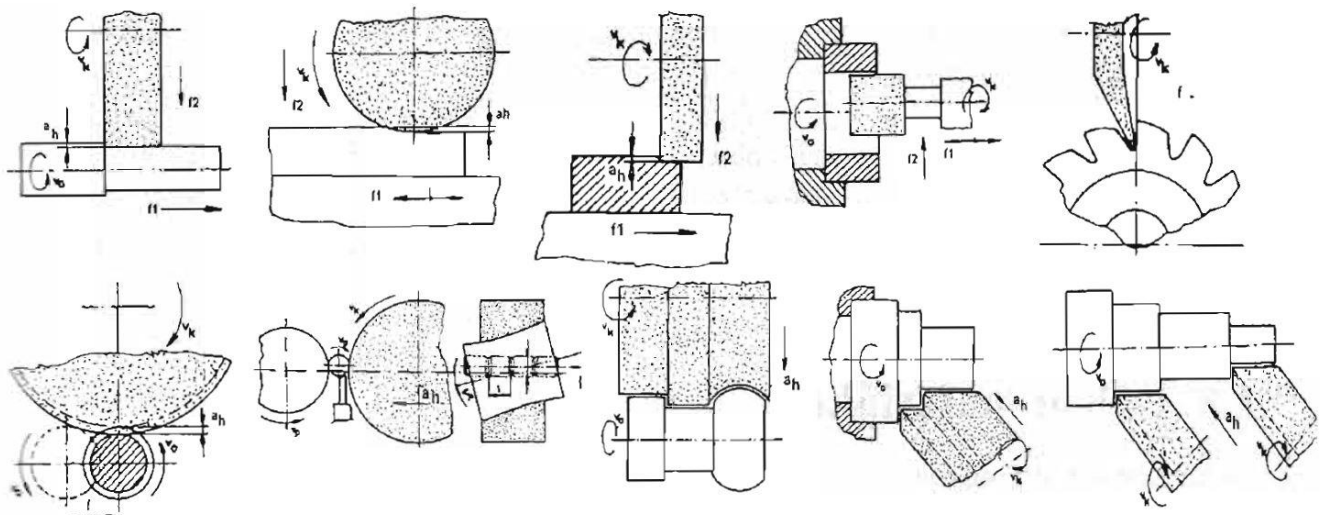


Obr. T4: Práce na vrtačkách [7]

Jako nástroj pro tento typ obrábění se používá nejčastěji šroubovitý nebo kopinatý vrták dvoubřitý. Zde je však nevýhodou mezibřítová hrana, která pouze vytlačuje materiál před břity vrtáku. Mimo deformace málo tuhého nástroje axiální silou vznikající z tohoto důvodu, která má za následek nízkou přesnost IT až 13, Ra až 6,3 μm způsobuje i problémy při zařiznutí nástroje u vrtání z plna. Je tedy zapotřebí polohu otvoru označit důlkem nebo navrtáním středícím vrtákem. Tomuto se dá zabránit volbou tzv. frézovacího vrtáku opatřeným vyměnitelnými břitovými destičkami. Přesnost při této operaci je lepší. Dosahuje se hodnoty IT 9 až 10 a Ra až 1,6 μm . Tím pádem můžeme opomenout následnou operaci vyhrubování.

4.12 Broušení

Broušení patří mezi nejčastější způsoby dokončovacích operací kovu. Touto metodou se dají obrábět prakticky všechny kovové i nekovové materiály rovinných, rotačních, vnitřních i vnějších tvarů. Je to také jeden z mála typů operací, kterým se dají hospodárně a ekonomicky obrábět kalené oceli. Vy výrobě se setkáváme se zastoupením brousicích strojů v poměrně velké míře. Obvykle brusky zastupují 25 % všech výrobních strojů ve výrobě. Není však výjimkou, že se často setkáme i se zastoupením vyšším jak 50 %. Velkou nevýhodou této operace je však tvorba velkého množství tepla. To je způsobeno vysokými reznými rychlostmi a negativními úhly čela. Třísky se tedy v místě řezu mohou ohřát až na teploty kolem 1200 °C. Dochází také k přechodu části tepla do mikroskopické vrstvy obráběného materiálu. Konkrétně by se dalo hovořit o 70 až 80 % veškerého vzniklého tepla. Tento děj nám často vyvolá nechtěné povrchové tahové napětí, které má za následek následnou tvorbu trhlin na povrchu materiálu. Napětí v této povrchové vrstvě mohou dosáhnout hodnoty až 2000 MPa. U jiných obráběcích operacích je množství vstupujícího tepla do obráběného materiálu značně nižší. Zde se dá hovořit o hodnotě kolem 5 %.



Obr. T5: Schéma způsobů broušení kotoučem [7]

Přesnost broušení závisí na tuhosti brusné soustavy, velikosti zrna, druhu pojiva a řezných podmínkách. Při metodě broušení na čisto se dosahuje přesnosti IT 5 až IT 7 a hodnoty drsnosti povrchu Ra 0,4 až 1 μm . Na vhodném a kvalitním stroji se správnou volbou řezných podmínek lze při jemném broušení dosáhnout přesnosti rozměru a tvaru až 0,001 mm. Zcela obvyklá je však také přesnost 0,003 mm při drsnosti povrchu Ra až 0,05 μm . Jemným broušením lze také docela běžně dosáhnout přesnosti IT 3 až IT 4 s Ra 0,025 až 0,4 μm .

Podle řezných sil se vybírá tvrdost řezného kotouče. Při větších řezných silách se volí tvrdší brusné kotouče. Naopak při menších silách vybíráme měkčí kotouče. Z toho vyplývá, že s tvrdšími kotouči dosahujeme vyšší výkonnosti. Při broušení není průřez třísky konstantní. Pohybuje se mezi hodnotou 0,001 mm^2 a 0,002 mm^2 . Díky malému průřezu třísky jsou vysoké obvodové rychlosti. Obvodovou rychlost kotouče považujeme za rychlost řeznou, protože je oproti rychlosti obrobku značně vyšší. Řezná rychlost brousícího kotouče s keramickým pojivem bývá běžně 20 až 35 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, u speciálních nabývá hodnoty až 80 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Můžeme se také dostat až přes hodnotu 100 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. To platí pro kotouče kovové a vyztužené, kterým se říká například rozbrušovací. Při hrubování vnitřních válcových i kuželových ploch jsou posuvy 0,3 až 0,75 šířky brusného kotouče. Délka přeběhu by správně měla být 50 % šířky brusného kotouče. Řezná rychlost se při vnitřním broušení pohybuje od 15 do 20 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Posuv bývá 30 $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$.

Nástrojem je již zmíněný brusný kotouč, který se zhotoví lisováním nebo litím směsí brusných zrn s potřebnou zrnitostí. Jako pojivo zde slouží například kobalt. Směs se dále může obohatit o další přísady. Nespecifikovaný tvar zde má brusné zrno. Můžeme s určitostí říct, že každé jedno zrno brusného kotouče je tvarově unikátní. Toto zrno se po opotřebení odlomí a uvolní místo pro jiné zrno, které po okamžiku odlomení začne okamžitě brousit. Pro jemné broušení volíme kotouče s velikostí zrn od 60 do 300 μm .

Jako stroje se zde využívají brusky určené buď na vnitřní nebo vnější plochy. Dále se můžeme setkat s brusky na rovinné plochy. Specifické jsou brusky na ozubení a brusky závitové. Z důvodu otáčení i obrobku v pracovním vřetenu při broušení děr, se tato operace provádí pouze u děr v ose rotace a u menších průměrů.

4.13 Povrchové úpravy – cementování a kalení

Při technologickém a konstrukčním návrhu ozubeného kola bylo také potřeba zajistit dostatečnou a vyhovující tvrdost zubů. Tento fakt jsem také zohlednil při volbě polotovaru, respektive jeho materiálu. Pro ozubené kolo jsem tedy zvolil materiál 14 220, který je vhodný pro povrchovou úpravu nauhličení a následného kalení.

Cementování, cementace nebo nauhličení je proces, který spadá do vědy zvané metalurgie kovů a jejich slitin. Je to proces povrchového zušlechťování oceli. Zušlechťování probíhá tak, že se v povrchové vrstvě zvýší obsah uhlíku. Hodnota množství uhlíku v této vrstvě by neměla překročit 0,25 %. Zvýšením obsahu uhlíku dojde ke strukturní přeměně materiálu na strukturu martenzitickou. Tato struktura dále umožňuje následné povrchové kalení. Hloubka nauhličené vrstvy nabývá hodnoty od 0,5 do 1,5 mm. Vhodné pro tuto operaci se nejvíce jeví oceli uhlíkové, slitinové s přísadou například chrómu, manganu nebo niklu, nízko a středně legované třídy 14–16. Tato technologie je již poměrně dost zažitá. Uvádí se, že cementování už běžně používali staří Římané a objevena byla někdy kolem 10.-9. století před naším letopočtem. Tuto operaci lze provádět několika způsoby. K dodávání uhlíku lze použít cementační prášek. Do něj se ponoří součástka, která se poté žihá při teplotě kolem 930 °C. Metoda, která se dnes již nevyužívá je pomocí rozpustných uhlíkatých látek. Těmi jsou obvykle kyanidy. Důvod, proč se tento způsob dnes již neobjevuje, je, že kyanidy jsou většinou jedovaté. V současnosti nejpoužívanější metodou je přivedení uhlíku skrze uhlíkaté plyny, kterými jsou nejčastěji propan, butan nebo acetylen. Tyto plyny, respektive tento plyn je dále smíchán s neutrální atmosférou,

aby se předešlo výbuchu. Pro vyšší účinnost plynné cementace se tento děj provádí ve vakuové peci při velmi nízkém tlaku uhlíkatých plynů.

Kalení je metoda povrchových úprav pomocí tepla. Využívá se u feritických ocelí. Z toho vyplývá, že austenitické, ale ani ostatní kovy kalit nelze. Tato metoda spočívá v ohřátí oceli na tzv. kalicí teplotu a následném prudkém ochlazení. Tím získává vylepšené mechanické a fyzikální vlastnosti. Zpravidla je na konci výrobek nebo součástka na povrchu tvrdá, ale uvnitř zůstává houževnatá. Co se týče oceli, tak dochází k tvorbě přesyceného tuhého roztoku uhlíku v železe. Neboli dochází k tvorbě martenzitické struktury materiálu. Tato struktura je charakteristická svou jemností. Tato operace má však i své nevýhody. Na úkor dosažení vyšší povrchové tvrdosti a odolnosti proti opotřebení se ztrácí houževnatost, a tím pádem roste křehkost v povrchové vrstvě. Další nezanedbatelnou nevýhodou je neschopnost sledování průběhu kalení. Tento proces sice nazýváme povrchovou úpravou, ale děj probíhá i pod povrchem. Kalení se provádí u nástrojových i konstrukčních ocelí. Můžeme tedy říct, že se využívá nejen na výrobu součástí a komponentů, ale i při samotné výrobě. Po správném zakalení vznikne nerovnovážná struktura martenzitu a bainitu. Nedílnou součástí je také zvýšení pevnosti v tahu dané oceli. To má za následek několik problémů jako vznik deformací, křivostí, velkých vnitřních pnutí, nebezpečných trhlin. Kolikrát dochází až k prasknutí výrobku. To se však děje spíše při kalení velkých součástí a komponentů. Důležitá je taky volba kalicího prostředí a tím pádem metoda ochlazování. Dá se zde mluvit o pravidlu, že čím menší obsah uhlíku má ocel, tím rychleji se musí ochladit. Rychlost ochlazování je zde kritická. Pravděpodobně nejznámějším prostředím je voda. Představuje nejintenzivnější kalicí prostředí. Dosahuje se zde nadkritických rychlostí ochlazování. Toto prostředí je nenáročné a levné. Dalším a mírnějším prostředím je olej. Olej má však neblahou vlastnost stárnutí. Dochází proto k jeho filtraci a výměně. Typem kalicího prostředí, kde se dosahuje nejmenšího vnitřního pnutí je roztavená solná lázeň. Zde probíhá plynulé ochlazování. Jediným druhem je vzduch, kde se kalí pouze samokalitelné oceli třídy 19. Je zde pro vyšší účinek vhodné dmýchat vzduch pod tlakem 10 kPa. V určitých případech se také dá použít roztavená kovová lázeň. Má podobné vlastnosti jako lázeň solná [6], [7], [8], [9].

5 Závěr

Úkolem této bakalářské práce byl konstrukční návrh, tvorba výkresové dokumentace a návrh technologie výroby vybraných součástí signovacího stroje. Mým hlavním cílem bylo navrhnout optimalizovaný a hospodárnější způsob výroby jednotlivých komponent stroje v porovnání s již navrženým způsobem ve firmě Roka Ráža. Nejprve jsem zavítal do této společnosti, abych se obeznámil s jejím výrobním profilem a jejími výrobními možnostmi. Díky tomu jsem mohl navrhnout samotnou výrobu vybraných součástí, které předcházelo několik konstrukčních výpočtů. Mezi mé inovace patří zejména zmenšení průměru hřídele a tím pádem snížení nákladů na výrobu, také změna rozměrových tolerancí jednotlivých ploch hřídele i ozubeného kola. Největší změny proběhly v návrhu výroby ozubeného kola, kde se využilo lokálního kalení povrchu zubů, a tím pádem se rapidně zkrátila doba výroby, respektive se snížil počet jednotlivých operací při výrobě. Také jsem provedl několik kontrolních a návrhových konstrukčních výpočtů, kde proběhlo také několik optimalizací.

6 Legenda použitých zkratek a veličin

Zkratka	Jednotka	Popis
M_{kk}	[Nm]	Utahovací moment
M_k	[Nm]	Krouticí moment
M_{TM}	[Nm]	Třecí moment
k	[-]	Statická bezpečnost
σ_{redmax}	[Nmm ⁻²]	Max. redukované napětí
τ	[Nmm ⁻²]	Smykové napětí
W_k	[mm ³]	Průřezový modul v kroucení
S_3	[mm ²]	Minimální průřez jádra šroubu
F_h	[kN]	Míjivá síla, kterou je spoj zatížen
q	[-]	Součinitel provozního předpětí
σ_{kt}	[MPa]	Napětí na mezi kluzu
l_a	[mm]	Délka části a
E	[MPa]	Youngův modul
l_b	[mm]	Délka části b
c_s	[N.mm ⁻¹]	Konstanta tuhosti šroubu
c_2	[N.mm ⁻¹]	Konstanta tuhosti odlehčovaných částí
c_1	[N.mm ⁻¹]	Konstanta tuhosti přitěžovaných částí
σ_{pt}	[MPa]	Mez pevnosti v tahu (tlaku)
k_σ	[-]	Součinitel bezpečnosti
σ_a	[MPa]	Napětí od amplitudy síly
σ_m	[MPa]	Napětí od mezní síly
σ_{Q0}	[MPa]	Napětí od předpětí
Q_0	[kN]	Montážní předpětí
Q_{1m}	[kN]	Střední provozní síla
Q_{1a}	[kN]	Amplituda provozní síly
τ_k	[MPa]	Smykové napětí na mezi kluzu
P	[mm]	Stoupání závitu
d_2	[mm]	Střední průměr šroubu
γ	[rad]	Úhel stoupání závitu
ϕ	[rad]	Třecí úhel v závitu
f'	[-]	Součinitel tření
k_τ	[-]	Součinitel bezpečnosti ve smyku
IT	[-]	Přesnost rozměrů
Ra	[μm]	Střední aritmetická úchylka profilu
HSS	[-]	Rychlořezná ocel
r_ϵ	[mm]	Poloměr zaoblení špičky nástroje
f_{min}	[mm/ot]	Minimální posuv
f_{max}	[mm/ot]	Maximální posuv
a_{pmin}	[mm]	Minimální hloubka třísky
a_{pmax}	[mm]	Maximální hloubka třísky
v_c	[m/min]	Řezná rychlost
D_{max}	[mm]	Maximální průměr
P	[mm]	Přídavek
lp	[mm]	Délka tyče pro jeden výrobek

7 Seznam použité literatury

- [1] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2008
- [2] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003
- [3] JANČÍK, L.; ZÝMA, J.: Části a mechanismy strojů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004
- [4] ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Příklady. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003
- [5] LEINVEBER, J.; VÁVRA, P.: Strojnické tabulky. - 5. vydání, Vydavatelství ALBRA, 2014
- [6] MÁDL, J.; KAFKA, J.; VRABEC, M.; DVOŘÁK, R.: Technologie obrábění. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002
- [7] MÁDL, J.; KAFKA, J.; VRABEC, M.; DVOŘÁK, R.: Technologie obrábění3. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003
- [8] Trendy v obráběcích nástrojích str. 10-19: katalog Techmagazín.cz [online], [cit. 2.5.2017]. Dostupné z: http://www.techmagazin.cz/ke_stazeni/TM022015.pdf
- [9] Výkonné, přesné a spolehlivé vrtání. [online], [cit. 1.12.2016]. Dostupné z: <http://www.techmagazin.cz/45692>
- [10] pilový pás M42. [online], [cit. 5.4.2017]. Dostupné z: <http://www.bomar-pily.cz/katalog/pilove-pasy-pro-pily-bomar/4780x34x1-1-pilove-pasy-pro-pily-bomar-workline-transverse-a-proline/4780-x-34-x-1-1-5-8-zubu-pilovy-pas-m42-do-pasovych-pil-bomar-workline-transverse-a-individual-4780311158320>
- [11] Nástroje Pramet Tools: ecatalog Pramet. [online], [cit. 5.4.2017]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/>
- [12] středící vrták A100400V00S. [online], [cit. 5.4.2017]. Dostupné z: <http://www.stimzet.cz/>
- [13] Stopková fréza HSS. [online], [cit. 5.4. 2017]. Dostupné z: <https://www.kovonastroje.cz/>
- [14] Brousíci kotouč 400x50x203. [online], [cit. 5.4.2017]. Dostupné z: <http://www.brousici-kotouce.cz/>
- [15] Obráběcí nástroje WNT. [online], [cit. 5.4.2017]. Dostupné z: <https://www.wnt.com/cz.html?uid=aiPiadckearfuhu&cHash=e51d373411ce61b4601ef90c3809ce49>
- [16] Pily Bomar. [online], [cit. 5.4.2017]. Dostupné z: <http://www.bomar.cz/>
- [17] CNC Hyundai. [online], [cit. 5.4.2017]. Dostupné z: <https://machine.hyundai-wia.com/usa/>
- [18] Bruska Knuth. [online], [cit. 11.5.2017]. Dostupné z: <http://www.knuth.cz/>

- [19] Frézka Tos. [online], [cit. 11.5. 2017]. Dostupné z: <https://www.tos-olomouc.cz/cz/vyrobni-program/univerzalni-produkcni-frezky/konzolova-frezka-f2v-r/>
- [20] Frézka OFA. [online], [cit. 11.5. 2017]. Dostupné z: <http://www.sub.cz/tos-celakovice/frezky/ofa-32-cnc-6.aspx>
- [21] CNC bruska na otvory OIG. [online], [cit. 11.5. 2017]. Dostupné z: <http://www.taima.cz/brusky-na-otvory/>
- [22] Bruska Opal 800. [online], [cit. 11.5. 2017]. Dostupné z: <https://strojirny.kalinowski.cz/cz/archiv-aktualit/59-oerlikon-maag-opal-800.html>
- [23] URPE MN-200G. [online], [cit. 11.5. 2017]. Dostupné z: <http://www.gestintra.com/sources/index.htm>

8 Seznam tabulek

Tab. K1: Kroutící momenty a otáčky hřídelí (str.15)

Tab. K2: Otáčky na hřídelích (str.16)

Tab. K3: Spojení hřídele a náboje prostřednictvím pera (str.17)

Tab. K4: Parametry stroje (str.20)

Tab. VP1: Výrobní návodka hřídele (str.28)

Tab. VP2: Výrobní návodka ozubeného kola (37)

9 Seznam obrázků

- Obr. K1: Model – pohled 1 (str.7)
- Obr. K2: Signovací stroj – přední pohled (str.8)
- Obr. K3: Model – pohled 2 (str.8)
- Obr. K4: Model – pohled 3 (str.9)
- Obr. K5: Model – pohled 4 (str.9)
- Obr. K6: Signovací stroj – záběr rolen (str.10)
- Obr. K7: Signovací stroj – vnitřek s převody (str.10)
- Obr. K8: Model – pohled 5 (str.11)
- Obr. K9: Detail – rolny (str.11)
- Obr. K10: Detail – profil rolny (str.12)
- Obr. K11: Model – pohled 6 (str.12)
- Obr. K12: Model – pohled 7 (str.13)
- Obr. K13: Schéma pohonu signovacího stroje (str.14)
- Obr. K14: Uložení ozubené kolo a hřídel (str.19)
- Obr. K15: Šroubový spoj (str.21)
- Obr. V1: Uložení hřídel – náboj (str.26)
- Obr. T1: Hlavní hřídel (str.27)
- Obr. T2: Ozubené kolo – náboj hlavní hřídele (str.36)
- Obr. T3: Základní operace soustružení (str.44)
- Obr. T4: Práce na vrtačkách (str.45)
- Obr. T5: Schéma způsobů broušení kotoučem (str.47)

10 Seznam příloh

- Příloha 1: Výrobní výkres č. 122802 – hřídel 1
- Příloha 2: Výrobní výkres č. 122801 – ozubené kolo 1
- Příloha 3: Pracovní diagram šroubového spoje