

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DÍLA, UMELECKÉHO VÝKONU) č. 302

pro Tomáše N o v á k a
obor 23 - 07 - 8

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Projekt obráběcího stroje na opracování čepů
..... lokomotivních dvojkolí elektrických lokomotiv
.....

Zásady pro vypracování:

1. Zhodnocení současného stavu v ŽOS Česká Třebová
2. Návrh celkového uspořádání stroje
3. Návrh a konstrukční zpracování suporotové části stroje
4. Technicko-ekonomické zhodnocení

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÁ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC I, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

V 228 / 85 5

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran

Seznam odborné literatury:

Piň, J. - Breník, P.: Obráběcí stroje. SNTL/ALFA 1970.

Piň, J.: Obrábění III. díl. SNTL 1957.

Podnikové materiály

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Vojtěch Dráb, CSc.

konzultant:

Václav Limbářský, ŽOS - Česká Třebová

Datum zadání diplomové práce: 15. 10. 1984

Termín odevzdání diplomové práce: 24. 5. 1985



Gazda
Doc. Ing. Jeromír Gazda, CSc.
Vedoucí katedry

Stríž
Doc. RNDr. Bohuslav Stríž, CSc.
Děkan

v Liberci dne 30. 9. 1984

Vysoká škola strojní a textilní Liberec
nositelka řádu práce

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

obor 23-07-8 - stojírenská technologie
zaměření obrábění a montáž

Projekt obráběcího stroje na opracování čepů
lokomotivních dvojkolí motorových lokomotiv

KOM - OM - 302

Tomáš Novák

Vedoucí práce: Doc. Ing. Vojtěch Dráb, CSc
Konzultant: Václav Limberský ŽOs Česká Třebová

Počet stran: 50

Počet tabulek: 3

Počet obrázků: 13

Počet výkresů: 3

Počet modelů: -

18.5.1985

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 20.5.1985

Pavel Koval

O B S A H

Seznam příloh

Seznam použitých znaků a zkratek

1. Úvod
2. Zhodnocení současného stavu v ŽOS Česká Třebová
 - 2.1. Obecný popis opravárenské činnosti
 - 2.2. Popis stroje na opravu hnacích dvojkolí motorových lokomotiv
 - 2.3. Postup práce při opravě hnacích dvojkolí
 - 2.4. Předpis pro opravu dvojkolí železničních kolejových vozidel - V 99/1
3. Návrh celkového uspořádání stroje
 - 3.1. Stanovení rozsahu rekonstrukce stroje
 - 3.2. Umístění suportů a stanovení jejich mezních rozměrů
 - 3.3. Konstrukční řešení příčného suportu
 - 3.4. Konstrukční řešení podélného suportu
 - 3.5. Konstrukční řešení převodové skříně posuvů
 - 3.6. Návrh vodící tyče - informativní pevnostní výpočet
 - 3.7. Výpočet tvářecí síly při válečkování
 - 3.8. Pevnostní kontrola pohybového šroubu příčného suportu
 - 3.9. Návrh rekonstrukce pohonné jednotky stroje
4. Technicko-ekonomické zhodnocení
5. Seznam literatury

Seznam příloh

- Příloha číslo: 1. Vykres převodové skříně posuvů
2. Vykres podélného a příčného suportu
3. Vykres konzoly

Seznam použitých znaků a zkratek

- α - úhel stoupání závitu
 β - 1/2 vrcholového úhlu pohybového závitu
 γ - úhel stoupání šroubovice
 φ' - třecí úhel
 G_0 - provozní napětí
 τ - provozní smykové napětí
 τ_D - dovolené smykové napětí
 τ_k - statická mez kluzu
- a - osová vzdálenost šneku a šnekového kola
 b - délka strany šestiúhelníku
 D - opravovaný průměr
 D_a - roztečný průměr hnacího kola
 D_b - roztečný průměr hnaného kola
 D_h - průměr letmo uloženého hřídele
 D_i - roztečný průměr i-tého ozubeného kola
 D_k - průměr kola opravovaného dvojkolí
 D_m - průměr řemenice motoru
 D_o - průměr řemenice v otočném bodě napínacího zařízení
 D_l - malý průměr matice
DM - západní marky
 d - velký průměr šroubu

d_h - průměr hřídele
 d_o - průměr obrobku
 d_v - průměr tvářecího elementu
 d_1 - malý průměr šroubu
 d_2 - střední průměr šroubu
 E - Youngův modul pružnosti
 e - počet závitů v záběru
 F - přitlačná síla při válečkování
 F_s - zátěžná osová síla
 F_2 - zátěžná síla
 FMD - federální ministerstvo dopravy
 f - součinitel tření
 GR - generální ředitelství
 H - konstrukční výška teoretického profilu závitu
 i_c - celkový převodový poměr
 i_H - převodový poměr mezi dvojkolím a motorem
 i_i - i -tý převodový poměr
 k - bezpečnostní koeficient
 k_o - bezpečnostní koeficient při namáhání v ohybu
 L - styková délka obrobku a tvářecího elementu
 L_M - délka matice
 M_k - kroutící moment
 n - modul
 m_x - modul v osové rovině
 m_n - modul v normální rovině

n - otáčky šneku
 n_h - otáčky letmo uloženého hřídele
 n_i - otáčky i -tého hřídele
 n_k - otáčky opravovaného dvojkolí
 n_m - otáčky motoru
 n_o - otáčky řemenice v otočném bodě napínacího zařízení
 p - měrný tlak na boky závitů
 Re - mez kluzu
 Rm - mez pevnosti v tahu
 S_z - průřez zatěžovaného závitu
 s - podélný posuv
 s_f - příčný posuv
 s_{ξ} - stoupání vodičího šroubu
 s_z - stoupání závitu
 t_m - rozteč zubů v normální rovině
 t_x - rozteč zubů v osové rovině
 q - tlak tvářecího elementu
VHJ- výrobně hospodářská jednotka
 W_k - průřezový modul v krutu
 z_i - počet zubů i -tého ozubeného kola
ŽOS- železniční opravny a strojírny

1. Úvod

V rozvoji národního hospodářství ČSSR má klíčové postavení strojírenství. Pro splnění daných úkolů má předpoklady ve své materiálně technické základně, v kvalifikaci a zkušenostech dělnických a technických kádrů. V současné době však řada oborů nedeří krok s prudkou dynamikou světového vývoje. Jak zdůraznil generální tajemník ÚV KSČ a prezident republiky s. Gustav Husák na XVI. sjezdu KSČ ve zprávě o činnosti strany a vývoji společnosti, je nezbytné aby strojírenství zajišťovalo na kvalitativně vyšší úrovni exportní úkoly i dodávky pro vnitřní trh. Jednou z cest k naplňování těchto úkolů je rekonstrukce a modernizace zastaralých zařízení. To je náplní problému řešeného touto diplomovou prací na žádost opravárenského závodu. Jedná se o rámcový návrh stroje na opravu hnacích dvoujkolí motorových lokomotiv. I když se jedná o stroj pracující v opravárenství a nikoli ve výrobní oblasti, nijak se tím nezlehčí důležitost řešeného úkolu. Vyřešením daného problému v této diplomové práci a realizací v zadávajícím závodu by se přispělo i ke splnění hlavních úkolů v rozvoji dopravy v tomto pětiletém plánu. Prioritní postavení má v těchto letech rozvoj dopravy po železnici. Včasné a kvalitní opravy lokomotiv nemalou měrou přispějí k plnění úkolů kladených na dopravu. Po našich železnicích se v převážné většině přepravuje pomocí elektrických lokomotiv. Důležité však je udržovat v provozu určitý park lokomotiv motorových pro zajištění dopravy a přepravy i po tratích neelektrifikovaných nebo při obnovách traťových svršků a pro posun. Závažným důvodem pro udržování parku motorových lokomotiv s naftovými motory je udržení pohotovosti a zabezpečení rychlé přepravy v případě mimořádných

situací vzniklých poškozením energetických zdrojů nebo přenosů energií, které způsobí vyřazení elektrických lokomotiv z provozu. Závažnost tohoto úkolu je znásobena i tím, že se od motorových lokomotiv s naftovými motory neustupuje ani v současné době, kdy ceny ropy na všech světových trzích výrazně stouply. Pro úspěšné udržování motorových lokomotiv v provozuschopnosti je zapotřebí zabezpečit i dokonalý servis. Zlepšením podmínek v zajišťování oprav motorových lokomotiv, konkrétně hnacích dvojkolí, se zabývá i tato diplomová práce.

2. Zhodnocení současného stavu v ŽOS Česká Třebová

2.1. Obecný popis opravárenské činnosti

Železniční opravny a strojírny řídí GRŽ ŽPO. Základním posláním VHJ ŽPO je provádět opravy a modernizaci železničních kolejových vozidel, včetně oprav a regenerace náhradních dílů. Svou činnost vykonává VHJ ŽPO podle plánu v rámci úkolů stanovených FMD (federálním ministerstvem dopravy). Vlivem rozvoje specializovaných a koncentrovaných výrobních programů a také podle vybavenosti základními prostředky v ŽOS Česká Třebová se ustálil výrobní program na opravách motorových lokomotiv menších a středních výkonů těchto řad: T 435.0; I.; II.; III.; IV.

T 458.1

T 466.0 (tato řada činí největší objem oprav)

T 478.1

T 478.2

Podle plánu se provádějí opravy:

- střední periodické
- generální opravy
- opravy součástí železničních kolejových vozidel
- opravy po násilném poškození.

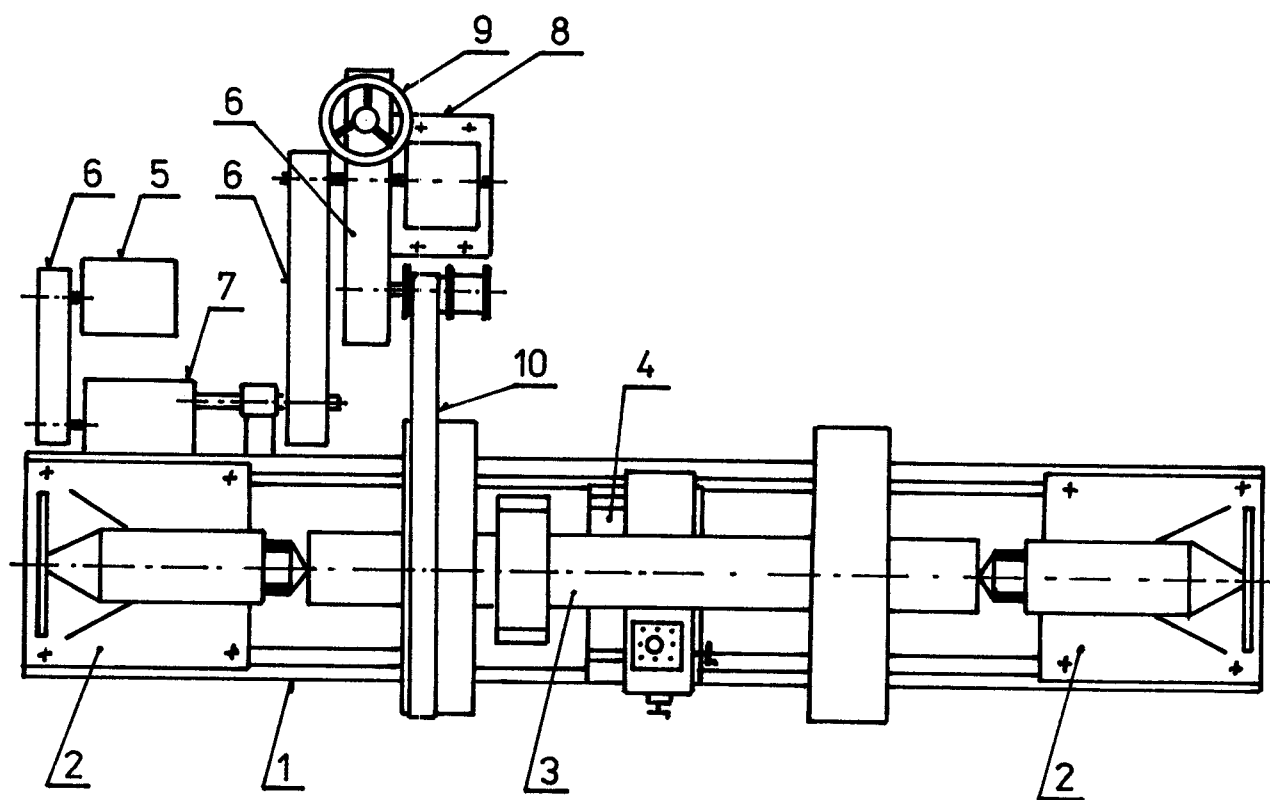
S uvedenými opravami jsou v ŽOS Česká Třebová bohaté zkušenosti. Objem oprav činí 1 lokomotiva za směnu. To znamená 4 dvojkolí za směnu u lokomotiv čtyřnápravových (první číslice v typovém označení udává počet hnacích náprav).

Po demontáži lokomotivy určené k opravě se její jednotlivé části dopraví na specializovaná pracoviště, kde se

provedou nutné opravy. Pro tuto práci je rozhodující pracoviště kolovna, kde se provádějí opravy hnacích dvojkolí.

2.2 Popis stroje na opravu hnacích dvojkolí motorových lokomotiv

K současné verzi stroje na opravu dvojkolí v závodě není žádná dokumentace. Dokumentace původního stroje se nedá použít z důvodu mnohých změn, které nebyly zaznamenány. Celá dokumentace původního zařízení sestává z celkového výkresu stroje a z plánu základu. Z výkresu je patrné, že z původního stroje se zachovaly pouze koníky. Proto v následujícím textu je uveden popis stroje spolu se schematickými obrázky pro utvoření obrazu o stavu stroje. Celkové uspořádání stroje znázorňuje obr. 1.



Obr. 1: Celkové uspořádání obráběcího stroje na opravu vnějších a vnitřních čepů lokomotivních dvojkolí motorových lokomotiv

Obr. 1 Celkové uspořádání obráběcího stroje na opravu vnějších a vnitřních čepů lokomotivních dvojkolí motorových lokomotiv

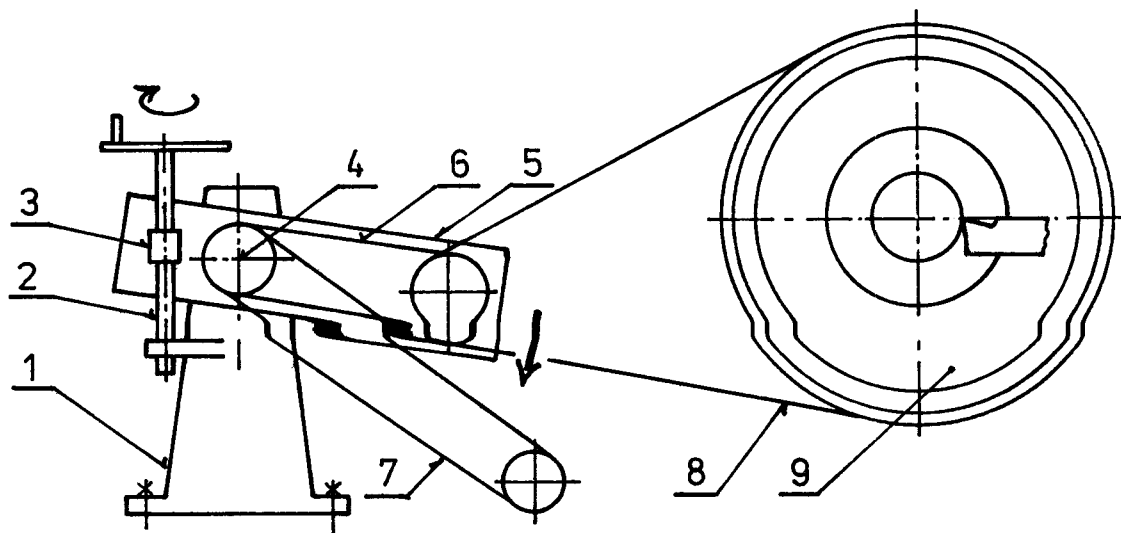
1. základní lože
2. koník
3. opravované dvojkolí
4. konzola se superty
5. motor k pohonu dvojkolí
6. převod trojicí klínových řemenů
7. převodová skříň
8. stojan napínacího zařízení
9. kolo ručního napínání
10. plochý pas pro pohon dvojkolí

Základní lože šířky 800 mm a délky 4500 mm je zabudováno v podlaze betonovou mazaninou. Pro pohyb koníků a konzoly se superty jsou na jedné straně dvě plochá vedení a na druhé straně jedno ploché a jedno prismatické. Uprostřed obou vedení je T drážka pro zajištění polohy koníků a konzoly. Uprostřed základového lože je ozubený hřeben pro přestavování poloh koníků a konzoly pomocí pastorků zabírajících s hřebenem. Mezi koníky lze upnout hřídel maximální délky 2350 mm. Koníky jsou vybaveny výsuvnými pinolami se zajištěním polohy. Dvojkolí se upíná mezi otočné hroty. Koníky lze upevnit k základovému loži čtyřmi šrouby v T drážkách. Výška osy pinoly nad ložem je 740 mm. Konzola se superty zajišťuje podélný posuv strojní i ruční v délce 260 mm. Je realizován pohybovým šroubem a strojní posuv zajišťuje elektromotor umístěný v konzole. Rychlost posuvu je konstantní a byla změřena : $s = 0,014$ m/min. Přenos otáčivého

pohybu na pohybový šroub je zajištěn řetězem. Podélný suport se pohybuje po konzole ve dvou prismatických vedeních. Příčný suport má pouze ruční posuv pomocí pohybového šroubu. Pohybuje se v rybinovitém vedení. Na příčném suportu je umístěna otočná čtyřpolohová nožová hlava.

Hlavní pohon stroje je odvozen od motoru SIEMENS 380V; 3,3 kW s 945. otáčkami za minutu. Od motoru je pohyb přenesen trojicí klínových řemenů od třístupňové převodové skříně. Ta není využívána. Je nastavena na konstatní převod. Z převodové skříně je pohyb přenášen hřídelem vedeným podél základového lože. Z něho opět trojicí klínových řemenů k napínacímu zařízení a od něho plochým pasem k dvojkolím. Hlavní pohyb stroje je tedy přenášen plochým pasem navlékaným na jedno kolo dvojkolím. U dvojkolím bylo zmeřeno 102 otáček za minutu.

Napínací zařízení pro napínání plochého pasu je schematicky znázorněno na otr. 2. Napínání a povolování pasu se provádí vždy při každé manipulaci s dvojkolím. Dochází k němu otáčením šroubu s kolem na jednom konci. Druhý konec je výkyvně spojen se stojanem. Po šroubu se pohybuje matice, která unáší rameno napínacího zařízení kývajícího okolo otočného bodu pevně spojeného se stojanem. Otočením šroubu se rameno vychýlí a dojde k povolení či napnutí plochého pasu.



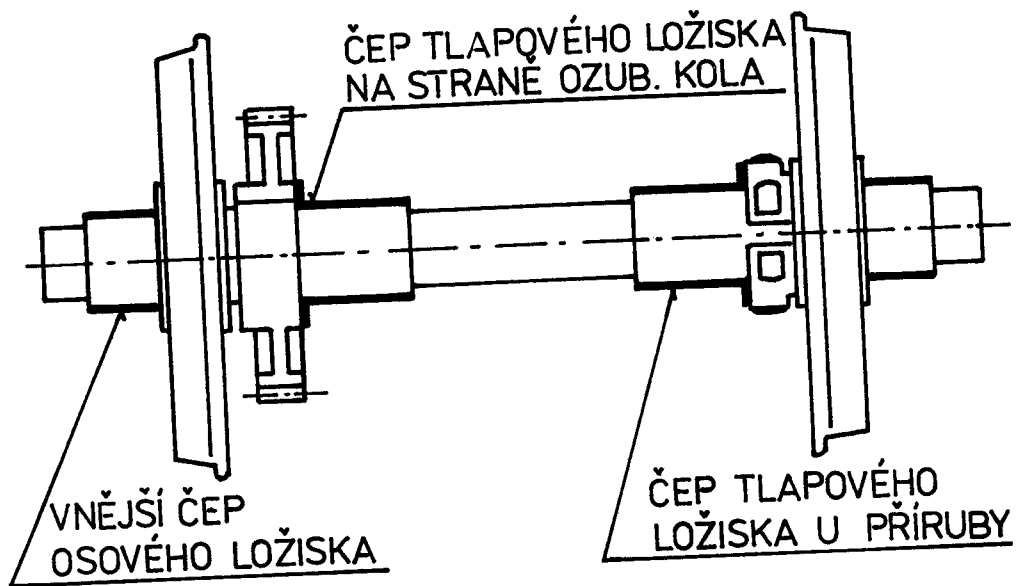
Obr. 2 Schematické znázornění napínacího zařízení

1. stojan napínacího zařízení
 2. šroub ovládaný kolem
 3. matice
 4. otočný bod
 5. rameno napínacího zařízení
 6. přenos rotačního pohybu trojicí klínových řemenů
 7. převod trojicí klínových řemenů od hřídele převodové skříně
 8. napínaný plochý pas
 9. opravované dvojkolí
- Šipky vyznačují napínání plochého pasu.

2.3. Postup práce při opravě hnacích dvojkolí

Práce na opravu je úkolována. Jediným podkladem pro postup opravy je seznam operací s uvedenými časy nutnými pro jejich vykonání. Pro přehlednost jsou na obr. 3 uvedeny opravované plochy a uvedeny jejich názvy.

Čepy pro tlapová ložiska se opravují na každém dvojkolí určeném k opravě. Tlapová ložiska slouží k uložení trakčních motorů. Je to technický termín pro uložení pomocí kluzných ložisek. Trakční motor je stejnosměrný sériový elektromotor, který pohání dvojkolí přes ozubené kolo na nápravě.



Obr. 3 Hnací dvojkolí
Silnými čarami jsou vyznačeny opravované plochy

Vnější čep

Operace	čas na operaci (min)
1) Dopravit jeřábem mezi hroty a upnout, nahodit hnací řemen - napnout	8,73
2) Zadřený vnější čep osového ložiska přesoustružit	30,96
3) Po přetočení kontrola na kuželovitost (tolerance 0,2 v délce 230 v(mm))	1,56
4) Výkružek přesoustružit ručním nožem	4,70
5) Leštit smirkovým plátnem	1,1
6) 2x válečkovat (včetně výměny válečku)	34,4
7) Po vyválečkování smirkem vyleštit	6,5
8) Dopravním jeřábem ze stroje odepnout a odložit	5,33

Čep tlapového ložiska u příruby

1) Dopravit jeřábem mezi hroty - upnout	8,56
2) Čelo příruby přetočit	7,35
3) Čep tlapového ložiska přesoustružit - 2 třísky	34,65
4) Čep tlapového ložiska měřit na kuželovitost	1,25
5) Čep tlapového ložiska leštit smirkovým plátnem	2,03
6) Čep tlapového ložiska 2x válečkovat	37,5
7) Čelo příruby po přetočení leštit smirkovým plátnem	8,06
8) Výměna nože za váleček	1,63
9) Dopravit jeřábem ze stroje, odepnout a odložit	5,33

Čep tlapového ložiska na straně ozubeného kola

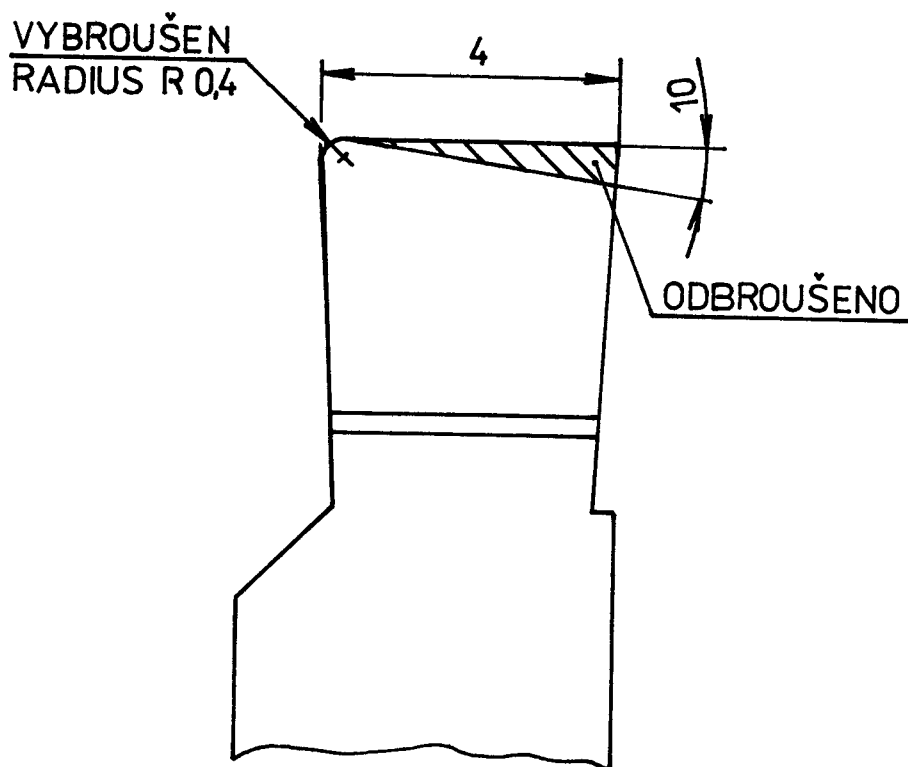
operace	čas na ope- raci v (min.)
1) Dopravit jeřábem mezi hroty a upnout	8,00
2) Čelo náboje ozubeného kola přetočit	5,72
3) Čep tlapového ložiska 2x přesoustružit	34,55
4) Čep tlapového ložiska přeměřit kuželovitost	1,37
5) Výkružek u ozubeného kola ručním nožem přesoustružit	7,8
6) Čep po osoustružení před válčováním leštit smirkovým plátnem	1,76
7) Čep 2x válečkovat	37,5
8) Čelo náboje ozubeného kola a výkružek leštit smirkovým plátnem	10,3
9) Výměna nože za váleček	1,33
10) Odepnout a odložit	3,9

Nástroje a měřidla

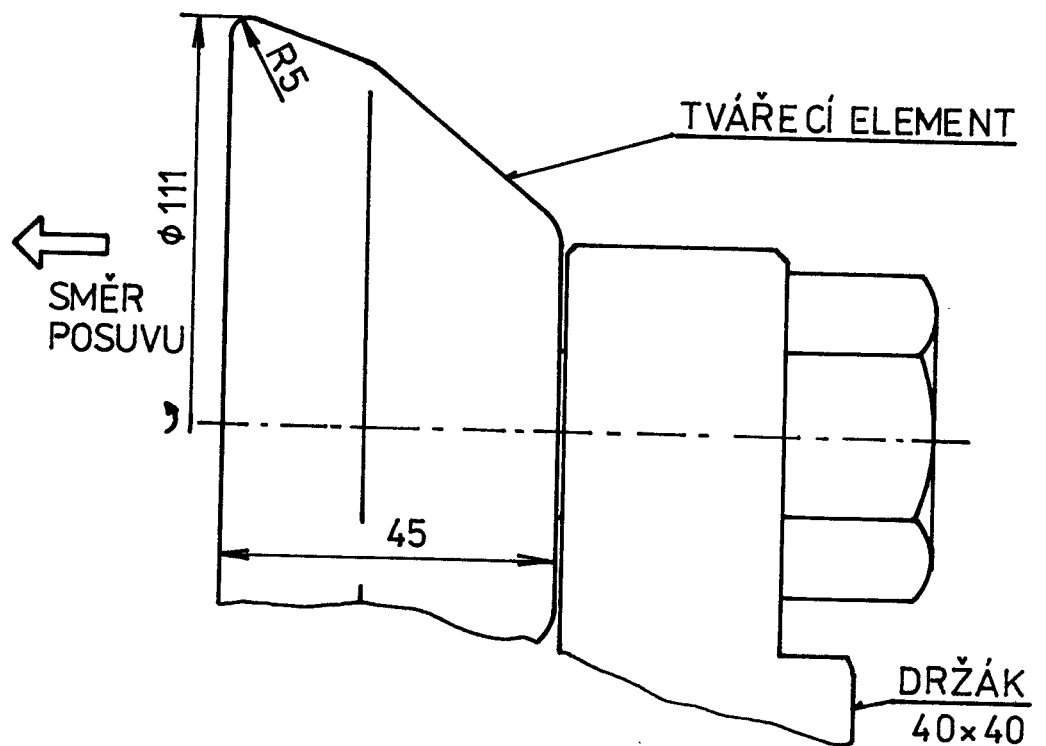
Pro soustružení čepů je předepsán ubírací nůž přímý ČSN 223513. Ten se však nepoužívá. Používá se drážkovací nůž ČSN 223730 s pájeným plátkem se slinutého karbidu P40, který si pracovník brousí podle obr. 4. To se praktikuje z důvodu zmenšení šířky drážkovacího nože a tudíž pro danou operaci (na jiném stroji) nepoužitelného. Po vybroušení uvedeného tvaru nože se může dále úspěšně používat pro opravu čepů.

Ruční přesoustružení výkružku u ozubeného kola se provádí tvarovým nožem vyráběným z rychlořezné oceli RADEKO. Pro válečkování se používá dvou válečkovacích nástrojů. Hrubovacího obr. 5 a hladicího obr. 6, které vyvinula nástro-

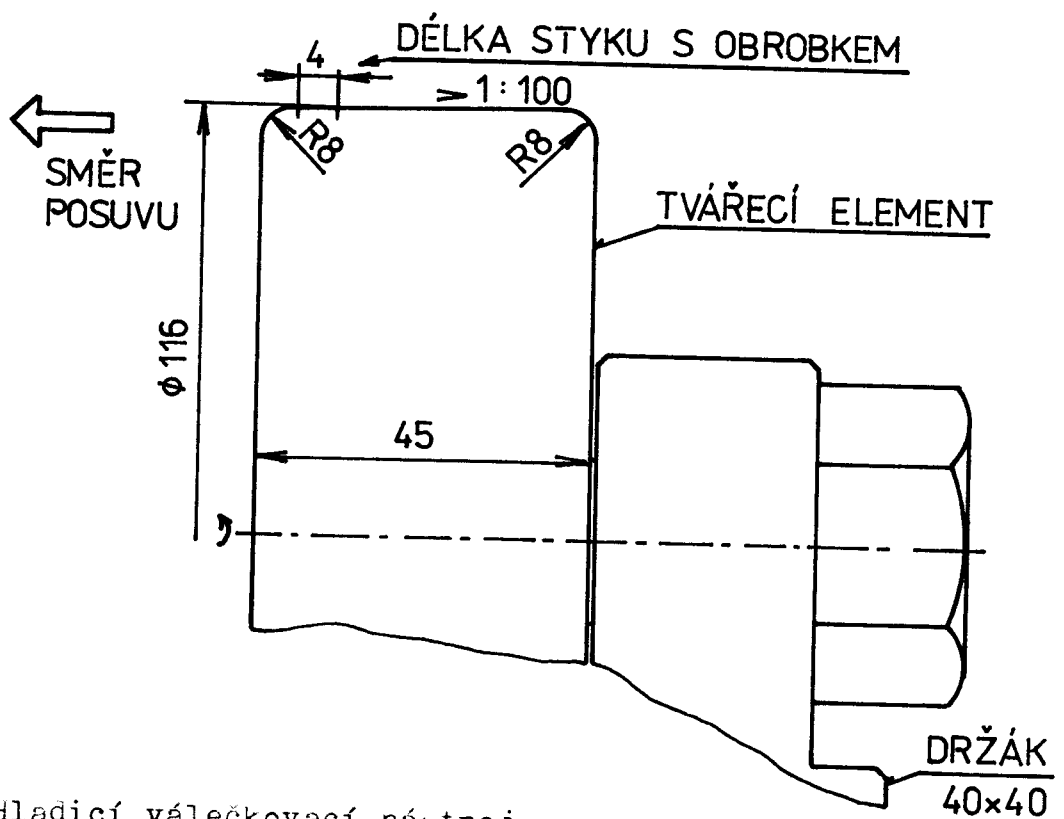
járna ŽOŠ Česká Třebová. Kontrola na kuželovitost se provádí třmenovým mikrometrem ČSN 251420.



Obr. 4: Broušení drážkovacího nože pro použití při opravě dvojkolí



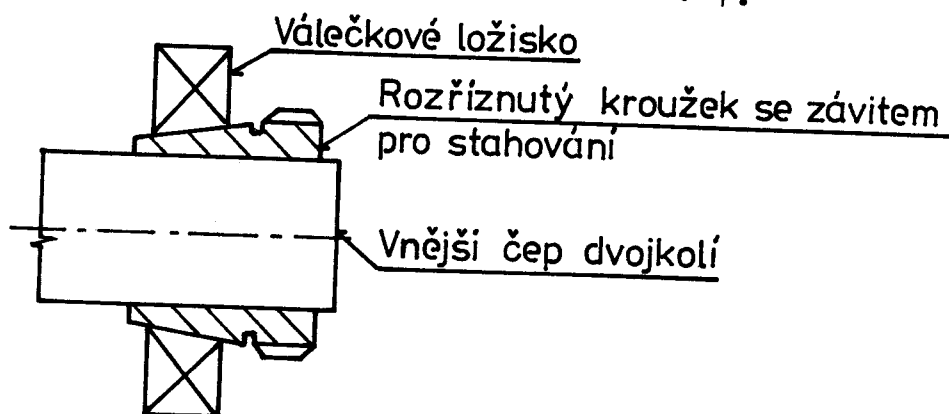
Obr. 5: Hrubovací válečkovací nástroj



Obr. 6: Hladicí válečkovací nástroj

Upřesnění některých operací u oprav vnějšího čepu osového ložiska

Osově ložisko je válečkové. Opravu čepu umožňuje uložení ložiska na kuželové pánvi obr. 7.

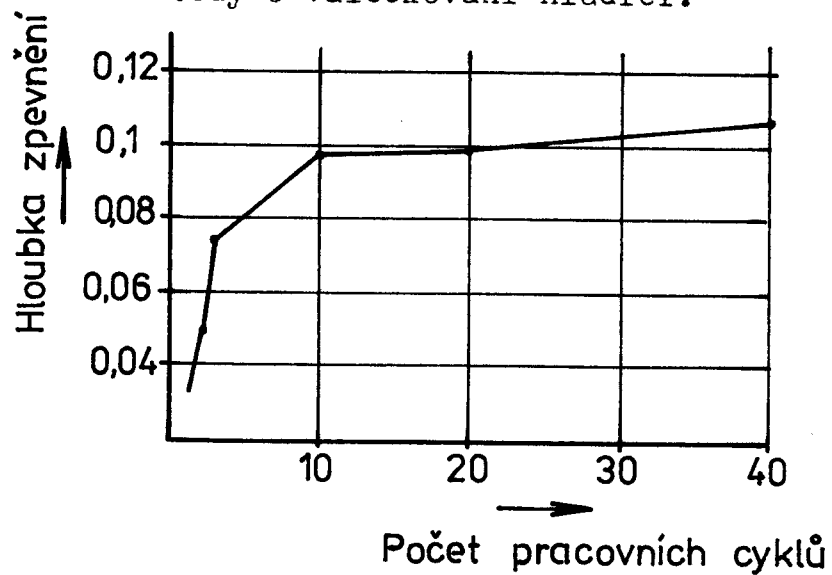


Obr. 7 Uložení osového ložiska vnějšího čepu

Operace č. 4: Výkružkem je označován radius u přechodu na větší průměr hřídele dvojkolí. Přesoustružení výkružku ručním nožem provádí dělník tak, že radiusový nůž opře o nožovou hlavičku a pohybem ruky očistí výkružek. Nejedná se tedy o soustružení v pravém slova smyslu. Tato operace je shodná s operací č. 5 u opravy čepu tlakového ložiska na straně ozubeného kola.

Operace č.5,7: Leštění smirkovým plátnem se provádí tak, že pracovník proužek smirkového plátna přeloží a přitlačí ho k čepu dvojkolí dřevěným palcem upnutým v nožové hlavičce.

Operace č. 6: Válečkování se provádí 2x z důvodu dosažení požadované drsnosti Ra 0,4. Dvojím válečkovaním dochází rovněž ke zvýšení zpevnění a hloubky povrchové vrstvy materiálu, jak je patrné z obr. 8. U opravy dvojkolí je prioritní dosažení požadované drsnosti. Jedná se tedy o válečkování hladicí.



Obr. 8: Graf závislosti hloubky zpevnění válečkovaného materiálu na počtu převálečkování

2.4. Předpis pro opravu dvojkolí železničních kolejových vozidel - V 99/1

Předpis udává přesný postup nutných a dovolených oprav hnacích dvojkolí motorových lokomotiv. Tímto předpisem se řídí technolog pro rozpis práce a materiálu, který určí rozsah opravy dvojkolí.

U každého vyvážaného (demontovaného) dvojkolí se provede:

- čištění
- prohlídka
- oprava
- demontáž
- kontrola po opravě
- nátery a nápisy

Při vizuelní prohlídce se náprava vyřadí (nebuďe se opravovat):

- vyskytne-li se na náprave trhlina na vykružcích nebo na dříku nápravy rýha nebo zadřené místo na obvodu hlubší než 1,5 mm a širší než 5 mm
- vyskytnou-li se více než 2 zadřená místa včetně i již dříve opravených
- vyskytne-li se podélná trhlina
- vyskytne-li se zadření čepu pro valivá ložiska hlubší než 2 mm, to je na průměru více než 4 mm.

Podélné povrchové trhliny (mimo vykružků), rýhy nebo zadřená místa, pleny, důlky po korozi a vruby na čepech a sedlech nápravy je povoleno odstranit opracováním, přičemž musí být dodrženo:

- výše uvedené hranice poškození nesmějí být překročeny

- při opracování nesmějí vzniknout ostré hrany nebo vruby
- minimální přípustný polomer vnitřního výkružku ložiskového čepu při opravě pro kluzná ložiska je 12 mm
- zadřené sedlo tlapového ložiska na nápravě je povoleno opravit zmenšením průměru maximálně o 3 mm oproti jmenovité hodnotě uvedené na výkresu.

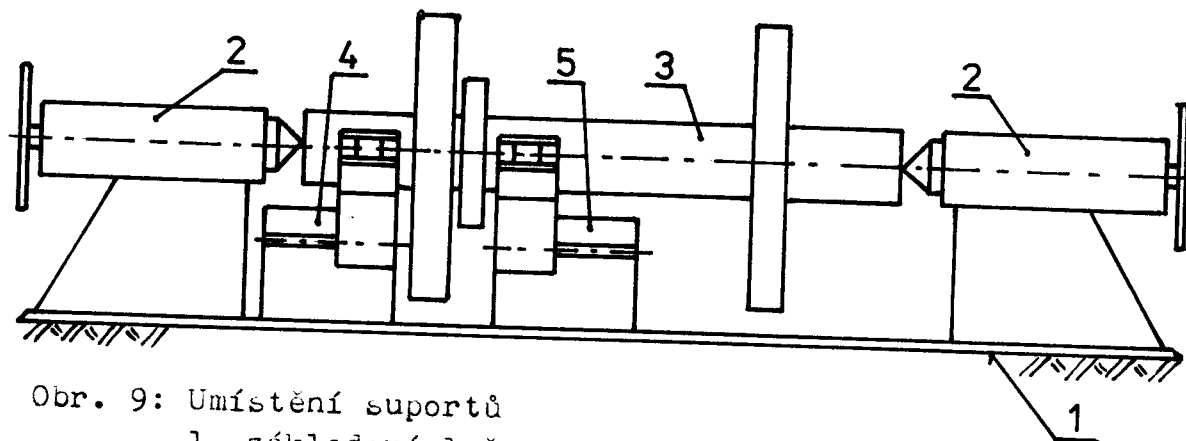
3. Návrh celkového uspořádání stroje

3.1. Stanovení rozsahu rekonstrukce stroje

Rozsah rekonstrukce regulírky, stroje na opravu dvojkolí, byl po konzultaci v ŽOS Česká Třebová stanoven na obnovu suportového zařízení a rekonstrukci hlavního pohonu stroje. Ze stávajícího stroje se tedy převezme základové lože, oba koníky a napínací zařízení plochého pasu. Rekonstrukcí hlavního pohonu je myšlena rekonstrukce přenosu otáčivého pohybu k napínacímu zařízení. Konstrukce napínacího zařízení je jednoduchá a pracuje spolehlivě, proto by nebylo účelné provádět rekonstrukci.

3.2. Umístění suportů a stanovení jejich mezních rozměrů

Ze zkušeností v závodě a z hlediska jeho potřeb je optimálním řešením umístění dvou suportů podle obr. 9.



Obr. 9: Umístění suportů
1. základové lože
2. koník
3. oprávované dvojkolí

4. Konzola se suporty pro oprav
5. Konzola se suporty pro oprav

Pro stanovení mezních rozměrů supor
úvahu všechny velikosti opravovaných dvoj
jednotlivých dvojkolí bude vytvořena kompl
Podle ní budou stanoveny rozměry suportů a
opravitelnost všech typů dvojkolí.

Rozměry uvedené na obr. 10 nesmějí být
dosaženy. Z těchto rozměrů vychází konstrukč
dený v přílohách 1; 2; 3.

Z důvodů jednodušší výroby budou oba sup
Pro podélný posuv volíme tedy minimální hodnot
255 mm. Pro pojezd příčného suportu je limituj
rem maximální průměr soustružený čelně, tj. 265
se o sedlo tlapového ložiska na straně ozubeného

3.3. Konstrukční řešení podélného suportu

Podélný suport nese příčný suport s čtyřpoloh
otočnou hlavou k upínání nástrojů a pohybuje se po
na konzole /viz. příloha 3/ a jeho součástí je přev
skříň posuvů. Vedení jsou dvě - ploché a prismatické
bezpečení ručního posuvu je klikou přes pastorek na
ný hřeben umístěný na konzole.

3.4. Konstrukční řešení příčného suportu

Příčný suport se pohybuje v rybinovitém vedení pom
pohybového šroubu. Vymezení vřle u rybinovitého vedení j
lišťou s kuželovitostí 1:100, jejíž poloha je fixována dv

ma šrouby. Je zajištěn ruční i strojní posuv. Pohyb pro strojní posuv příčného i podélného suportu je odvozen od posuvového motoru umístěného v konzole. Součástí příčného a podélného suportu je převodová skříň, do které je pohyb posuvového motoru přenášen šestihrannou vodící tyčí. Konstruktivní řešení příčného a podélného suportu obsahuje příloha 2.

3.5. Konstruktivní řešení převodové skříně posuvů

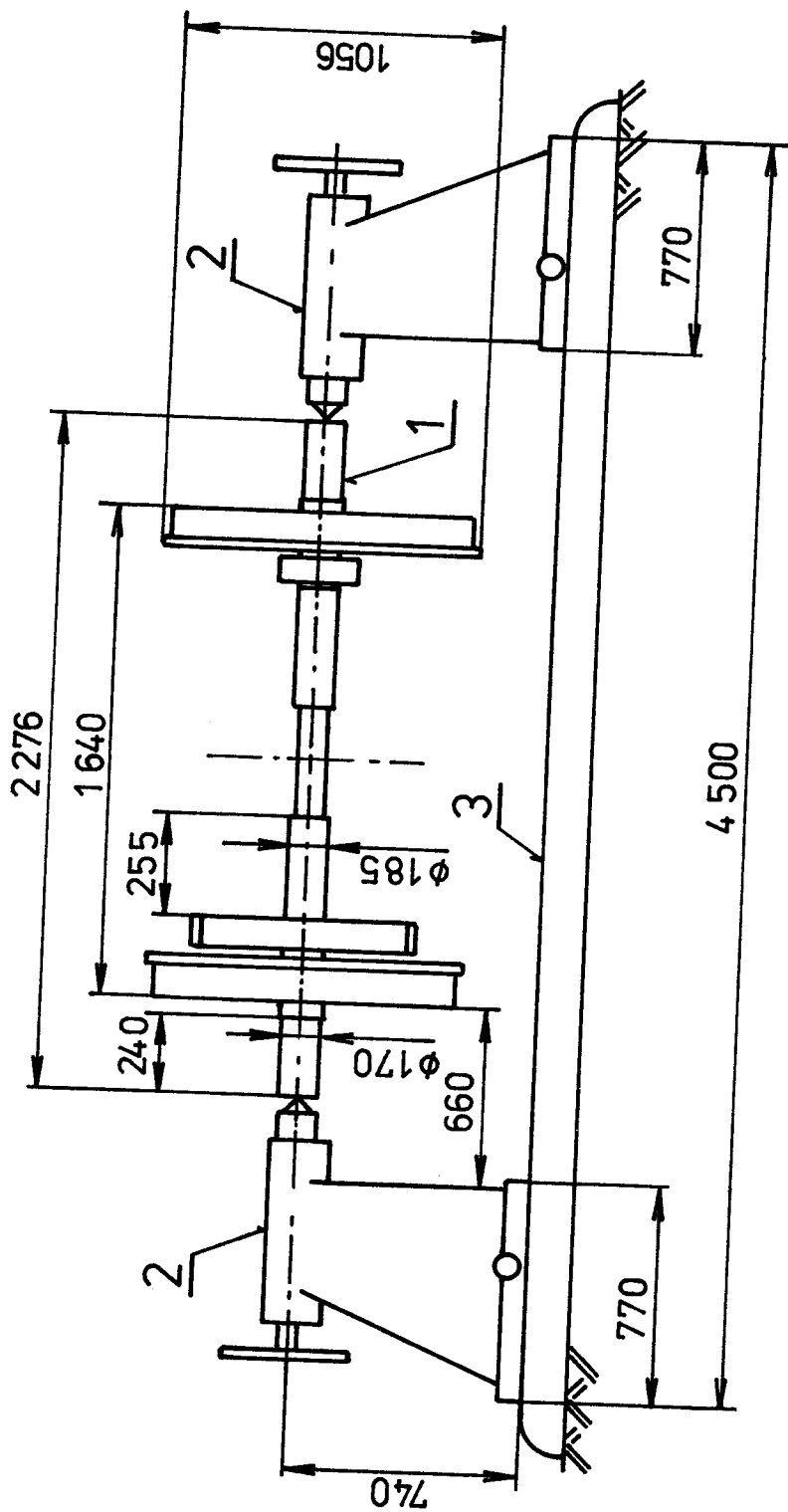
Vstupními údaji pro návrh ozubených kol byly:

- podélný posuv $s = 0,014 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
- rozměrová omezení vyplývající z obr. 10
- stoupání pohybového šroubu 3 mm

Posuv $s = 0,014$ je empiricky stanovený z dlouholeté zkušenosti v závodě. Tímto posuvem jsou prováděny všechny operace při opravě dvojkolí, tedy obrábění i válečkování. Posuv odpovídá doporučeným posuvům pro statické válečkování, jak je uvedeno v literatuře /9/.

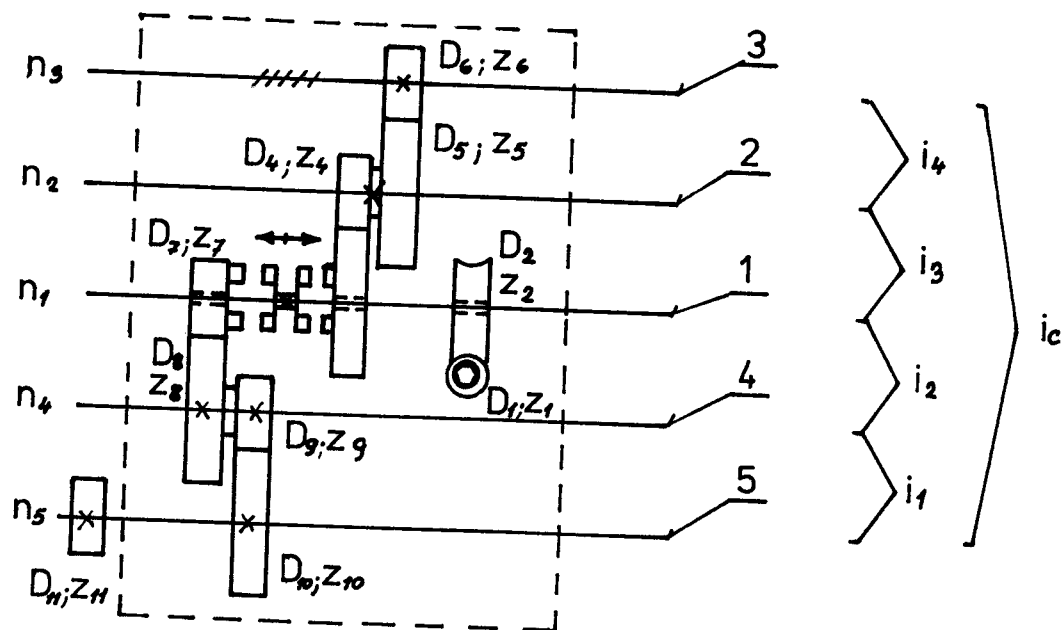
Uspořádání ozubených kol je znázorněno na obr. 11. Vložené hřídele byly voleny z důvodu dosažení velkého převodového poměru mezi pastorkem zabírajícím s ozubeným hřebenem a pastorkem pohybového šroubu. Při konstrukci bez vložených hřídelů vycházejí ozubená kola velkých průměrů.

U pastorku, který zabírá s hřebenem na konzole je zvolen modul 3 mm. Ostatní kola v převodové skříně mají modul 2,5 mm. Volba průměru ozubených kol je ovlivněna mezními rozměry suportu a minimálními počty zubů ozubených kol při zvoleném modulu $m = 2,5 \text{ mm}$.



Obr.10: Upnutí komplexní součásti.

1. komplexní součást
2. koník
3. základové lože



Obr. 11 : Schema převodové skříně posuvů

D_i - průměr roztečné kružnice i -tého ozubeného kola

z_i - počet zubů i -tého ozubeného kola

$i \in (1; 11)$

n - otáčky šneku

$n_1 + n_5$ - otáčky jednotlivých hřídelů

$i_1 + i_4$ - převodové poměry mezi jednotlivými hřídeli

i_c - celkový převodový poměr

$D_6; D_5; D_4; D_8; D_9; D_{10}; D_{11}$ - ozubená kola pevně uložená

D_2 - šnekové kolo přesuvně uloženo na drážkovaném hřídeli

$D_7; D_3$ - volně uložená ozubená kola
čárkovaně je vyznačena svařovaná skřín

Výpočet převodových poměrů:

$$\text{Obecně } i_i = \frac{D_b}{D_a} \quad i_c = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n \quad i \in (1;n)$$

i_i - i -tý převodový poměr

i_c - celkový převodový poměr

n - počet převodových stupňů

D_a - roztečný průměr hnacího kola

D_b - roztečný průměr hnaného kola

Pro výpočet celkového převodového poměru vyjdeme z posuvu podélného suportu $s = 0,014 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$,
Otáčky pastorku s modulem $m = 3 \text{ mm}$:

$$n_5 = \frac{s}{\pi \cdot m \cdot z_{11} \cdot 10^{-3}} = \frac{0,014}{\pi \cdot 3 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} \doteq 0,074 \text{ ot.} \cdot \text{min}^{-1}$$

n_5 - otáčky pastorku

s - posuv podélného suportu (mm)

z_{11} - počet zubů pastorku s modulem

m - modul pastorku (mm)

Další postup při návrhu je takový, že je nutné sladit návrhy průměrů jednotlivých ozubených kol a tedy i převodových poměrů s celkovými rozměry převodové skříně. Celkový převodový poměr mezi hřídelem 5 a 3 na obr. 11 volíme tak, aby příčný posuv byl větší než $0,5 \cdot s$. Z toho vyplývají převodové poměry $i_1 + i_4$ znázorněné na obr. 11. Volba průměrů ozubených kol udává tabulka 1.

TAB. 1 : Průmery a počty zubů ozubených kol převodové skříně podle obr. 11

Index ozub.kola i	Průměr roztečné kružnice D_i (mm)	Počet zubů $z_i = \frac{D_i}{m}$ (počet)	MODUL m (mm)
11	60	20	3
10	165	66	2,5
9	50	20	
8	120	48	
7	72,5	29	
3	130	52	
4	50	20	
5	130	52	
6	42,5	17	
2	100	40	
1	55	1	

$$i_1 = 3,3$$

$$i_2 = 1,66$$

$$i_3 = 2,6$$

$$i_4 = 2,9$$

$$i_c = 40,7$$

Z celkového převodového poměru $i_c = 40,7$ vyplývá, že posuv příčného suportu bude:

$$s_f = n_3 \cdot s_g = n_5 \cdot i_c \cdot s_g = 0,074 \cdot 40,7 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,009 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

n_3 - otáčky vodícího šroubu

s_g - stoupání vodícího šroubu (mm)

i_c - celkový převodový poměr

Konstrukční řešení převodové skříně znázorňuje příloha č. 1. Skříň je svařovaná. K základnímu tělesu podélného suportu je přišroubována a středena kolíky. Uložení hřídelů je patrné z výkresu. Pozice jsou číslovány podle pořadí montáže jednotlivých součástí.

K přepínání příčného, podélného a ručních posuvů slouží hřídel 1 na obr. 11, který je přesuvný. Na něm uložená ozubená kola vůči kolům spoluzabírajícím svou polohu nemění. Hřídel 1 se otáčí pomocí šnekového kola, které je s hřídelem v drážkovém spojení. K zapínání příčného a podélného posuvu slouží zubová spojka pevně uložená na hřídeli 1. Polohy hřídele jsou zajišťovány pružinou s kuličkou zatlačovanou do vybrání v hřídeli.

1. poloha - spojka zapadá do ozubeného kola 7.

Je realizován strojný podélný posuv.

2. poloha - spojka je v mezipoloze - neutral
Možnost použití ručních posuvů - příčného i po-
délného.
3. poloha - spojka zapadá do ozubeného kola 3.
Je realizován příčný strojní posuv.
- Součástí převodové skříně je šnekový převod.

Návrh šnekového převodu:

Volené hodnoty: převodový poměr 1:40

počet zubů (chodů) šneku $z_1 = 1$

počet zubů šnekového kola $z_2 = 40$

osový modul $m_x = 2,5$ mm

šnekové kolo je globoidní a šnek válcový

Průměr šneku volíme podle velikosti šesti-
hranné vodící tyče, po které se šnek pře-
souvá. Velikost vodící tyče je zvolena tak,
že průměr kružnice opsané je 35 mm. Proto
je průměr roztečné kružnice zvolen 55 mm.

Výpočet úhlu stoupání šroubovice šneku:

vyjdeme ze vzorce pro výpočet průměru roztečné kruž-
nice šneku.

$$D_1 = \frac{z_1 \cdot m_x}{\operatorname{tg} \gamma}$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1 \cdot m_x}{D_1}$$

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{z_1 \cdot m_x}{D_1} = \frac{1 \cdot 2,5}{55} = 2,60^\circ$$

modul měřený v normální rovině $m_n = m_x \cdot \cos \gamma = 2,497$ mm

rozteč v normální rovině $t_n = \pi \cdot m_n = 7,845 \text{ mm}$

rozteč v osové rovině $t_x = \pi \cdot m_x = 7,854 \text{ mm}$

Výpočet osové vzdálenosti šneku a šnekového kola:

$$a = 0,5 \cdot (D_1 + D_2) = 0,5 \cdot (55 + 100) = 155 \text{ mm}$$

3.6. Návrh vodící tyče - informativní pevnostní výpočet

Při návrhu jsou zanedbány osové síly ve vodící tyči.
Uvažován je pouze kroutící moment.

$$\tau_D = 34 + 37\% R_m \quad (1)$$

$$W_k = 0,5413 b^3 \quad (\text{z tabulek}) \quad (2)$$

$$\tau_D = \frac{M_k}{W_k} \quad (3)$$

τ_D - dovolené smykové napětí při namáhání v krutu (MPa)

b - délka strany šestiúhelníku v osovém řezu vodící tyče (mm)

M_k - zátěžný kroutící moment (Nm)

W_k - průřezový modul v krutu (mm^3)

d_h - průměr hřídele (mm)

Zvolíme $b = 17 \text{ mm}$

Dále je proveden výpočet kroutícího momentu, kterým můžeme hřídel zatěžovat.

Materiál je zvolen 11600. Potom ze vztahu (1) $\tau_D = 204 \text{ MPa}$

Ze vztahu (2) průřezový modul v krutu $W_k \doteq 2,659 \text{ mm}^3$

Ze vztahu (3) $M_k = \tau_D \cdot W_k = 2,659 \cdot 204 \doteq 542,4 \text{ Nm}$

Při použití šneku s roztečnou kružnicí $D_1 = 50 \text{ mm}$ přenesse

hřídel sílu $F_Z = \frac{M_k}{0,5D_1} = \frac{542,4}{0,5 \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 21\,680 \text{ N}$

3.7. Výpočet tvářecí síly při válečkování

Při návrhu suportového zařízení z pevnostního hlediska musíme brát v úvahu sílu potřebnou k válečkování. Síla při obrábění nebude dosahovat větších hodnot z důvodu odebírání velmi malých třísek - řádově desetiny milimetru. Výpočet provedeme podle informativního vztahu pro hladicí válečkování uvedený v literatuře /9/.

$$F = \frac{d_2 \cdot L \cdot q^2}{0,126 \cdot E \cdot \left(\frac{d_2}{d_1} + 1\right)} \quad (4)$$

F - přitlačná síla (N)

d_o - průměr obrobku (mm)

L - styková délka obrobku s tvářecím elementem (mm)

q - tlak tvářecího prvku (MPa)

E - modul pružnosti válečkovaného materiálu (MPa)

d_y - průměr válečku - tvářecího elementu (mm)

Re - mez kluzu (MPa)

E pro ocel 202 000 MPa

Za průměr obrobku dosadíme maximální válečkovaný průměr $d_y = 185$ mm

Za průměr válečku dosadíme průměr hladicího válečku z důvodu větší kontaktní délky s obrobkem $L = 4$ mm

$d_o = 115$ mm

Tlak tvářecího prvku je zvolen dle literatury /9/.

$q = (1,8 \text{ až } 2,1) \cdot Re$ (MPa)

Re pro ocel 11558 : $Re = 550 \cdot 0,6 = 330$ (MPa)

$q = 2,1 \cdot 330 = 693$ (MPa)

Potom dosazením do vztahu (3) $F = \frac{185 \cdot 4 \cdot 693^2}{0,126 \cdot 202 \cdot 10^3 \left(\frac{185}{115} + 1 \right)} =$
 $= 5\,352,5$ N

Tato síla je rozhodující pro volbu pohybového šroubu příčné-
ho suportu.

3.8. Pevnostní kontrola pohybového šroubu

Je zvolen šroub Tr 30x3 - lichoběžníkový závit rovno-
ramenný ČSN 014050. Použit je materiál s pevností 746 MPa.
Měrný tlak na boky závitu se volí $1,5 + 12$ MPa

Kontrola závitu na otlačení:

$$p = \frac{F_s}{S_z} \quad (5)$$

$$S_z = \frac{\pi \cdot (d^2 - D_1^2)}{4} e \quad (6)$$

$$L_M = 2 + 3 \cdot d_2 \quad (7)$$

$$e = \frac{L_M}{S_z} \quad (8)$$

p - měrný tlak na boky závitů

F_s - zátěžná osová síla - odpovídá síle F ze vztahu (4)

D_1 - malý průměr matice

d - velký průměr šroubu

d_2 - střední průměr šroubu

S_z - průřez zatěžovaného závitu

s_z - stoupání

L_M - délka matice

e - počet závitů v záběru

Dosazením do vztahů (4), (5), (6), (7):

$$L_M = 2 \cdot 28,5 = 57 \text{ mm} \quad e = \frac{57}{3} = 19 \text{ závitů}$$

$$S_z = \frac{\pi \cdot (30^2 - 27^2)}{4} \cdot 19 = 2,55 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$p = \frac{5 \cdot 352,5}{2,55 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ MPa}$$

Spočtený měrný tlak odpovídá malému opotřebení závitů dle literatury /3/.

Kontrola závitu na smyk:

$$\tau = \frac{F_s}{\pi D_1 \cdot e \cdot 0,8 \cdot s} \quad (9)$$

$$k_k = \frac{0,34 \cdot R_m}{\tau} \quad (10)$$

dosazením: $\tau = \frac{5 \cdot 352,5}{\pi \cdot 27 \cdot 19 \cdot 0,8 \cdot 3} = 1,4 \text{ MPa}$

$$k_k = \frac{0,34 \cdot 746}{1,4} = 181$$

Kontrola závitu na ohyb:

$$\sigma_o = \frac{H \cdot F_s \cdot 6}{\pi D_1 \cdot e (0,8 \cdot s_z)^2} \quad (11)$$

$$H = \frac{d - D_1}{4} \quad (12)$$

$$k_o = \frac{0,6 \cdot R_m}{o} \quad (13)$$

σ_o - provozní napětí (MPa)

τ - provozní smykové napětí (MPa)

F_s - osová zátěžná síla (N)

R_m - mez pevnosti

D_1 - malý průměr matice (mm)

d - velký průměr šroubu (mm)

k_o - bezpečnostní koeficient při namáhání v ohybu

e - počet závitů v záberu

s_z - stoupání šroubu (mm)

H - konstrukční výška teoretického profilu závitu (mm)

Dosazením do vztahů (11), (12), (13):

$$H = \frac{30 - 27}{4} = 0,75 \text{ mm}$$

$$\sigma_o = \frac{0,75 \cdot 5352,5 \cdot 6}{\pi \cdot 27 \cdot 19 \cdot (0,8 \cdot 3)^2} = 2,59 \text{ MPa}$$

$$k_o = \frac{0,6 \cdot 746}{4} = 112$$

Kontrola dřívku na krut:

τ - ze vztahu (3)

$$W_k = \frac{\pi d_1^3}{16} \quad (14)$$

$$M_k = \frac{F_s \cdot d_2}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi') \quad (15)$$

$$\alpha = \operatorname{arctg} \cdot \frac{s_z}{\pi d_2} \quad (16)$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg} \cdot \frac{f}{\cos \beta} \quad (17)$$

- τ - smykové provozní zatížení
 W_k - průřezový modul v krutu
 d_1 - malý průměr šroubu
 M_k - kroutící moment
 F_s - osová síla
 d_2 - střední průměr šroubu
 α - úhel stoupání závitu
 φ' - třecí úhel za podmínky $\beta \neq 0$
 s_z - stoupání závitu
 f - součinitel tření
 β - 0,5 vrcholového úhlu závitu

Postupným dosazováním do vztahů:

$$(16) \alpha = \operatorname{arctg} \cdot \frac{3}{\pi \cdot 28,5} = 1,9^\circ$$

$f = 0,1$ určeno z tabulek pro tření ocel - bronz

$$(17) \varphi' = \arctg \cdot \frac{0,1}{\cos 15} = 5,9^\circ$$

$$(15) M_k = \frac{5352,5 \cdot 28,5 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot \operatorname{tg}(1,9 + 5,9) = 10,5 \text{ Nm}$$

$$(14) W_k = \frac{\pi \cdot 26,5}{16} = 5,2 \text{ mm}^3$$

$$(3) \tau = \frac{10,5}{5,2} = 2 \text{ MPa}$$

ze vztahu (10) $k_k = 126,8$

Z bezpečnostních koeficientů vyplývá, že pro tvářecí sílu F ze vztahu (4) je vodící šroub předimenzován. Menší průměr pohybového šroubu by nebylo vhodné volit z konstrukčních důvodů vyplývajících z přílohy 2. Také změnou stykové délky L tvářecího elementu s obrobkem se změní tvářecí síla. Pro představu možnosti změny stykové délky L bude spočtena tvářecí síla F_{\max} , kterou unese vodící šroub bez poškození. Vyjdeme ze vztahu (10), kde volíme $k_k = 1,2$. Dále vyjádříme F_{\max} ze vztahu (3).

$$F_{\max} = \frac{k \cdot 0,34 R_m \cdot \pi d_1^3}{d_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi') \cdot 8} = \frac{1,2 \cdot 0,34 \cdot 746 \cdot \pi \cdot 26,5^3}{28,5 \operatorname{tg}(1,9 + 5,9) \cdot 8} = 569,750 \text{ kN}$$

Dosažením do vztahu (4) spočteme změnu síly F , změní-li se styková délka L ze 4 mm na 10 mm.

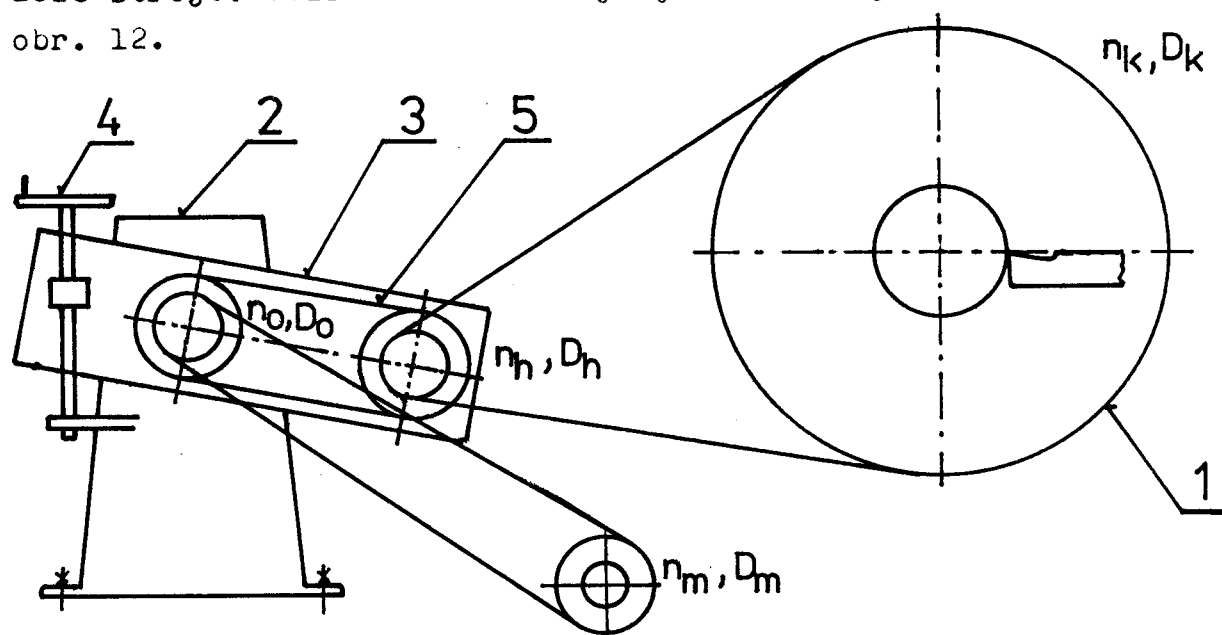
$$F = \frac{185 \cdot 10 \cdot 693^2}{0,126 \cdot 202 \cdot 10^3 \cdot \frac{185}{115} + 1} = 13\,381 \text{ N}$$

Porovnání: $L = 4 \text{ mm} \dots\dots F = 5\,352 \text{ N}$
 $L = 10 \text{ mm} \dots\dots F = 13\,381 \text{ N}$

Protože maximální síla, kterou pohybový šroub unese je velká, ani změna délky L nemůže způsobit poškození pohybového šroubu.

3.9. Návrh rekonstrukce pohonné jednotky

Při průzkumu současného stavu stroje bylo zjištěno, že převodová skříň 7 v obr. 1 je nastavena na konstantní převodový poměr. Z toho je patrné, že převodová skříň může být odstraněna. Tím odpadne i hřídel vedený podél základového lože stroje. Umístění motoru by bylo vhodné provést podle obr. 12.



Obr. 12: Schema hlavního pohonu stroje

1. opravované dvojkolí
2. stojan napínacího zařízení
3. výkyvné rameno napínacího zařízení
4. šroub pro napínání
5. převod trojicí klínových řemenů 1:1

- $D_k; n_k$ - průměr a otáčky kola opravovaného dvojkolí
 $D_h; n_h$ - průměr a otáčky letmo uloženého hřídele napínacího zařízení
 $D_o; n_o$ - průměr a otáčky řemenice v otočném bodě napínacího zařízení
 $D_m; n_m$ - průměr a otáčky řemenice motoru

Při zachování otáček dvojkolí $n_k = 102 \text{ ot. min}^{-1}$ a otáček motoru $n_m = 945 \text{ ot. min}^{-1}$ musí převod mezi motorem a kolem mít poměr

$$i_H = \frac{n_k}{n_h} = 0,108 .$$

Převodový poměr mezi kolem a letmým hřídelem

$$i_1 = \frac{D_h}{D_k} = \frac{84}{1000} = 0,084$$

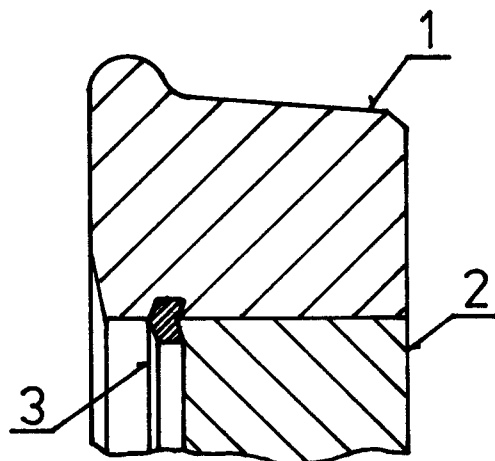
Hodnoty $D_h = 84 \text{ mm}$ a $D_k = 1000 \text{ mm}$ jsou dány.

Z toho vyplývá, že převodový poměr $i_2 = \frac{D_o}{D_m} = \frac{i_H}{i_1} = 1,29$

Proto volíme $D_o = 80 \text{ mm}$ a $D_m = 104 \text{ mm}$.

Při opravách dvojkolí se často stane, že dvojkolí nemá nákrůžek, to je část kola, která je ve styku s kolejnicí. Znázorňuje obr. 13.

Je-li dvojkolí bez nákrůžku, změni se otáčky dvojkolí. Zmenou typu dvojkolí se měni i opravované průměry. Tyto změny mají vliv na změnu řezné rychlosti. Tyto změny znázorňuje tabulka 2 a 3.



Obr. 13: Nákrůžek kola hnacího dvojkolí

1. nákrůžek
2. věnec kola
3. pojistný kroužek

Řezná rychlost $v = \frac{\pi \cdot D \cdot n_k}{1000}$

D - opravovaný průměr (mm)

n_k - otáčky dvojkolí (ot. min^{-1})

Z tabulek 2 a 3 vyplývá změna řezné rychlosti v rozmezí $41,66 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ + $69,74 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$. Praxe potvrzuje, že tato změna nemá vliv na kvalitu oprav.

TAB. 2. Změny řezných rychlostí při opravě dvojkolí s nákrůžky

Obráběný průměr D (mm)	Otáčky dvojkolí n_k (ot.min ⁻¹)	Řezná rychlost v (m.min ⁻¹)
130	102	41,66
166		53,19
170		54,48
180		57,68
185		59,28

TAB. 3. Změny řezných rychlostí při opravě dvojkolí bez nákrůžků

Obráběný průměr D (mm)	Otáčky dvojkolí n_k (ot.min ⁻¹)	Řezná rychlost v (m.min ⁻¹)
130	120	49,00
166		62,58
170		64,09
180		67,86
185		69,74

4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Diplomová práce byla zaměřena na obnovení stávajícího základního fondu. Zadávající závod ŽOČ Česká Třebová požadoval rekonstrukci stroje, který vzhledem k opotřebení neza-
bezpečoval v plném rozsahu potřebnou kvalitu opravárenské činnosti.

Jedním z požadavků závodu bylo vypracovat návrh tak, aby mohl stroj vyrobit na vlastních výrobních zařízeních. Protože se jedná o opravárenský závod s malým objemem oprav, nebylo by rentabilní pořizovat stroj se značně vyšší produktivitou práce. Technickou dokumentaci pro výrobu takového stroje by bylo možné získat např. v ŽOČ Vrútky, kde stroj spolehlivě pracuje. Další možností získání potřebného zařízení by byl nákup celého zařízení. Možné jsou dvě alternativy.

1. alternativa - stroj vyráběný v Polské lidové demokratické republice RAFAMAT typ XAD - 112
2. alternativa - stroj vyráběný v Německé spolkové republice HEGEN_CHEIDT 462

Závod ŽOČ Česká Třebová si zadáním této práce uvedené alternativy o jednu rozšířil.

3. alternativa - návrh stroje vypracovaný v rámci diplomové práce

Porovnání nákladů vynaložených na pořízení stroje od jednotlivých alternativ ukáže, která bude pro závod ekonomicky nejvýhodnější.

1. alternativa

nákup v PLR - RAFAMAT XAD - 112 1,800.000,-Kčs

2. alternativa

nákup v NLR - HEGENSCHNEIDT 462 4,000.000,-Kčs

3. alternativa

výroba podle návrhu diplomové práce 800.000,-Kčs

Cena byla určena závodem ŽOS Česká Třebová po předložení návrhu rekonstrukce stroje.

Nejlépe tedy vychází alternativa 3.

Alternativa 2. je 5x dražší než alternativa 3. a předpokládá devizové krytí v DM.

Alternativa 1. je 2,25x dražší než alternativa 3. a předpokládá krytí v převodu na rubl.

Z toho vyplývá při zavedení alternativy 3. úspora:

1,000.000,- devizových korun vůči alternativě 1.

3,200.000,- devizových korun vůči alternativě 2.

5. Seznam použité literatury

- /1/ Bartoš, J.: Strojnické tabulky; Praha, SNTL 1977
- /2/ Boháček, F.: Části a mechanismy strojů I, II, III; Brno
VUT 1983
- /3/ Breník, P. - Pič J.: Obráběcí stroje; Praha, SNTL 1982
- /4/ Cerka, J. - Véchet V.: Obráběcí a montážní stroje III.;
Liberec, VŠST 1981
- /5/ Černoš, S.: Strojně technická příručka; Praha, SNTL 1977
- /6/ Freml, V.: Normalizovaná úprava písemností; Praha, SPN 1977
- /7/ Fröhlich, J.: Technika uložení s valivými ložisky; Pra-
ha, SNTL 1978
- /8/ Šalamoun, Č.: Atlas převodových ústrojí; Praha, ČVUT 1972
- /9/ Vajskebr, J. - Špeta Z.: Dokončování a zpevňování povrchu
strojních součástí válečkováním;
Praha, SNTL 1984
- /10/ Sborník dokumentů XVI. sjezdu KSČ; 1981

P o d ě k o v á n í

Záverem bych chtěl poděkovat všem, kteří přispěli k řešení mé diplomové práce cennými poznatky a radami. Zvláště potom vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Vojtěchu Drábovi, ČSc za ochotně poskytované rady při řešení zadaného problému. Za poskytnutí praktických rad a zkušeností v podmínkách závodu děkuji technologu Rudolfu Sýkorovi, pracovníku závodu ŽOS Česká Třebová.