

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 07 - 8

Strojírenská technologie

zaměření

Tváření plastů a plastických hmot

Katedra tváření a plastů

RENOVACE HŘÍDELE ZADNÍ NÁPRAVY
NÁKLADNÍHO AUTOMOBILU T - 148

Karel Rathouský

114

Vedoucí práce: Ing. Heinz Neumann VŠST Liberec

Konsultant: Ing. Jiří Morávek ČSAO Hradec Králové

Rozsah práce a příloh

Počet stran	55
Počet příloh	-
Počet tabulek	7
Počet obrázků	21
Počet výkresů	1
Počet modelů	
a jiných příloh	-

25. května 1984

Vysoká škola: **strojí a textilní**

Fakulta: **strojí**

Katedra: **tvářeni a plasty**

Školní rok: **1983/84**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKŮNU)

pro **Karla R a t h o u s k é h o**

obor **strojírenská technologie**

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: **Renovace hřidel zadní nápravy nákladního automobilu T - 148**

Zásady pro vypracování:

1. Seznáňte se s výrobním postupem zadní nápravy.
2. Seznáňte se se současným stavem renovace náhradních dílů v n.p. ČSAD Hradec Králové.
3. Proveďte posouzení charakteru a rozsahu opotřebení hřidel zadní nápravy.
4. Proveďte návrh technologického postupu renovace zadní nápravy.
5. Proveďte ověření technologického postupu a celkové zhodnocení renovačního procesu.

Autorské právo se řídí směrnicemi
MSK pro státní záv. zkoušky č.j. 31
727/K/114 z 21. 12. 1962 a 1. 1. 1963
1962-Věstník MSK XVI, č. 1, str. 24 ze
dne 31. 8. 1962 § 19 odst. 2, 317/53 Sb.

V 188/84 S
VYSOKÁ ŠKOLA STROJÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, SPOLEČNÁ
PSC 461 17

Rozsah grafických prací:

Rozsah průvodní zprávy: 40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

1. Vorel, M. a Dufek, V. a kol. : Tření a opotřebení strojních součástí, SNTL, Praha, 1976
2. Jech, J. : Tepelné zpracování ocelí - metalografická příručka, SNTL, Praha, 1977
3. Morávek, O. - Baberevský, V. : Nástrojové mat. a tepelné zpracování nástrojů. SNTL, Praha, 1975

Vedoucí diplomové práce: Ing. Heinz M e n n e n

Konzultant : Ing. Jiří Morávek, ČSAO Hradec Králové

Datum zadání diplomové práce: 3. 10. 1983

Termín odevzdání diplomové práce: 25. 5. 1984



Doc. Ing. Jaroslav Imš, CSc.
Vedoucí katedry

Doc. RNDr. Bohuslav Štříž, CSc.
Děkan

V Liberci dne 23. 9. 1983

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

Dehtoušek Karel

V Liberci 25.5.1981

POUŽITÁ OZNAČENÍ

b_2	.... šířka drážkování	[mm]
F	.... síla působící na jeden zub	[N]
M_k	.... přenášený kroutící moment	[Nm]
p	.... průměrný tlak na styčných plochách zubů	[Pa]
p_d	.... dovolený tlak	[Pa]
S_{sf}	.... tloušťka paty zubu hřídele na tětivě	[m]
R_m	.... mez pevnosti v tahu	[Pa]
σ	.... normální napětí	[Pa]
τ	.... tečné napětí	[Pa]
φ	.... součinitel styku boků zubů	
h_1	.... výška zubu hřídele	[m]
m	.... modul ozubení	[mm]
h_n	.... nosná výška drážkování	[m]
z	.... počet zubů	
D	.... průměr roztečné kružnice	[m]
v_1	.... výška svršku zubu hřídele	[m]
v_2	.... výška svršku zubu náboje	[m]
k_o	.... koeficient bezpečnosti namáhání v ohybu	
k_s	.... koeficient bezpečnosti namáhání ve smyku	
i	.... převodový poměr	
HV	.... tvrdost podle Vickerse	
HRC	.... tvrdost podle Rockwella	

O B S A H

		strana
1.	Úvod	7
2.	Teoretická část	9
2.1.	Současný stav renovace v n.p. ČSAO Hr. Král.	9
2.2.	Stručný přehled používaných metod renovace ..	9
2.2.1.	Naváření svařecími poloautomaty WLSP 315 a WSP 600 v ochranné atmosféře plynů	11
2.2.2.	Vibrační navařování automatem NVE 302	13
2.2.3.	Práškové navařování systém ROTOTEC	14
2.3.	Výrobní postup hřídele zadní osy	15
2.3.1.	Obecná část	15
2.3.2.	Základní údaje o výrobě hřídele zadní osy ..	16
2.4.	Charakter a rozsah opotřebení hřídele	17
2.4.1.	Výpočet maximálního krouťícího momentu	18
2.4.2.	Pevnostní poměry na drážkování	19
2.5.	Hlavní kritéria volby renovačního zásahu ...	21
2.5.1.	Technologický postup opravy s renovací souč.	21
2.6.	Stanovení technologického postupu	23
2.6.1.	Výběr součástí k renovaci	23
2.6.2.	Odstranění opotřebeného drážkování	24
2.6.3.	Nanesení vrstvy přídavného materiálu	25
2.6.4.	Opracování navařené části	29
2.6.5.	Tepelné zpracování	30
2.6.6.	Kontrolní operace	33
3.	Experimentální část	35
3.1.	Použité zkušební metody	35

3.1.1.	Zkoušky tvrdosti	35
3.1.2.	Defektoskopické metody	36
3.1.3.	Metody zkoumání struktur	38
3.2,	Laboratorní zkoušky	39
3.2.1.	Vzorek 1	40
3.2.2.	Vzorek 2	41
3.2.3.	Vzorek 3	44
3.2.4.	Vzorek 4	47
4.	Celkové zhodnocení renovačního postupu	50
4.1.	Zhodnocení technického řešení	50
4.2.	Ekonomické zhodnocení	52
5.	Závěr	54

1. Ú V O D

Současná fáze vývoje naší společnosti vyžaduje v intencích usnesení XVI. sjezdu KSČ k posílení úlohy vědeckotechnické a ekonomické revoluce zaměřit se na zdokonalování a zavádění nových a úsporných technologií. Úspory a šetření všech druhů energií a materiálů se stává nutnou potřebou ve všech státech. Palivové i surovinové zásoby jsou omezené a proto je nutné jít cestou úsporných opatření a hledání náhrad.

Velice efektivně se zde mohou uplatnit právě moderní technologické principy renovace opotřebovaných součástí strojů a zařízení. Renovace náhradních dílů má značný celospolečenský význam, protože snižuje náklady na opravy strojů, šetří nové náhradní díly, šetří výchozí materiál.

Renovace významně zasahuje do všech oblastí našeho průmyslu. její rozvoj je ovlivněn druhem výrobního programu a největší rozšíření se uplatňuje v organizacích zabývajících se komplexní opravárenskou činností. I zde musí v budoucnosti dojít k určité centralizaci renovace, ke specializaci pracovišť a tím ke zprůmyslnění prováděné činnosti.

Při zavádění renovace je nutné si uvědomit, že nové metody vyžadují nákladná zařízení a specifické přídavné materiály, jejich využití pak předpokládá podrobný rozbor renovovaných dílů a důkladný technologický projekt pracoviště, případně komplex renovačního střediska. Nelze opomenout ani ekonomickou stránku renovace, která nejde stanovit pomocí běžných hledisek. Skutečností však zůstává, že renovace je ve většině případů efektivní a že její význam je celospolečenský. Vždyť každá opotřebovaná součást má množství ploch i vlastností, které

své funkční schopnosti neztratily a mohou se dále využívat. Renovace je progresivním typem obnovy místo výroby nových náhradních dílů.

Podnik, který nevyužívá technických vymožeností, jako jsou bezesporu pokrokové technologie oprav včetně renovace opotřebených ploch součástí, vynakládá zbytečně velký objem svých prostředků na pořizování nových náhradních dílů. Tím klesá účinnost samotné výroby opravárenské organizace a snižuje se celková efektivnost. Takový podnik zaostává a nevytváří dostatečné předpoklady k plnění výrobních úkolů.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Současný stav renovace v n.p. ČSAO Hradec Králové.

Renovace v ČSAO Hradec Králové má již dlouholetou tradici a je na vysoké úrovni. Používá se řada renovačních metod, které jsou neustále rozvíjeny a zdokonalovány. Jsou uplatňovány progresivní svařovací a navařovací technologie s použitím moderních strojů a zařízení, nanášení plastických hmot a některé chemické prostředky.

Renovací je také řešen nedostatek některých náhradních dílů tzv. úzkoprofilových. Renovace je přínosem pro celé národní hospodářství z hlediska úspory energie, základních surovin a živé práce, které by musely být použity pro výrobu nových náhradních dílů.

V podniku ČSAO Hradec Králové se renovuje celkem 1200 druhů součástí pro nákladní i osobní vozidla. Celkový počet renovovaných dílů dosahuje cca 240 tis. kusů za rok a tím jsou nahrazeny nové díly v ceně 35 mil. Kčs. Renovace je v současné době neodmyslitelnou součástí auto-opravářské praxe zajišťující vysokou efektivnost podniku.

Současný stav techniky a technologie umožňuje používání řady renovačních metod, kterými lze renovovat značnou část opotřeбенých součástí automobilů.

Nejrozšířenější renovační metodou je svařování a navařování, které představuje více než 80 % všech renovačních zásahů a je prováděno obalenými elektrodami, v ochranné atmosféře plynů a práškovými metodami.

2.2. Stručný přehled používaných metod renovace

1. ... svařování obalenými elektrodami

a. svařování rámu vozidel, karosářských dílů a pod. elektroda-

mi E-B 121, E-B 123, E-B 125.

- b. Svařování dílů obtížně svařitelných, např. svařování dílů převodovek, hřídelů a nábojů z nízkolegovaných ocelí elektrodami E-B 417, E-B 456.
- c. Navařování zubů a drážek ozubených kol a hřídelů elektrodami E-B 511.
- d. Svařování a navařování litinových skříní a součástí elektrodami E-S 716, E-B 723.

2. Svařování v ochranné atmosféře plynů.

- a. Svařování a navařování rotačních součástí na polohovadle, svařovacími poloautomaty WSP 600 nebo WLSP 350 v ochranné atmosféře CO_2 , $CO_2 + Ar$.
- b. Automatické navařování s osovou vibrací drátu rotačních součástí na polohovadle /nelze svářet ručně/.

3. Práškové navařování v kyslíko-acetylenovém plameni systém ROTOTEC a VÚZ Bratislava.

4. Další používané renovační metody.

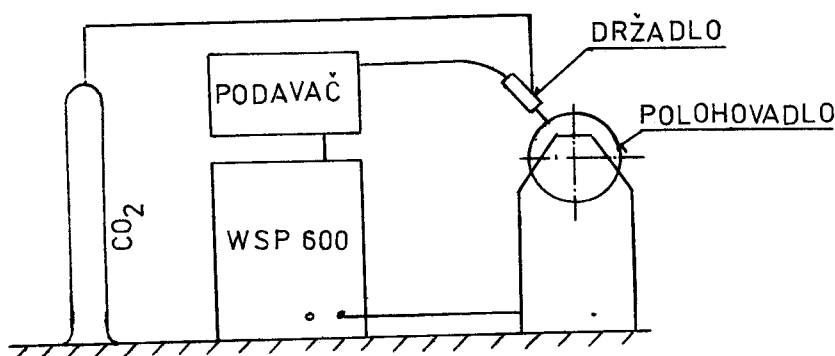
- a. Tvrdochromování kluzných i pevných uložení, cementovaných a kalených dílů, hydraulických pístnic a pod.
- b. Renovace součástí nanesením vrstvy polyamidů na součásti pro uložení valivých ložisek, kluzná uložení pro malé obvodové rychlosti i ochrana povrchu proti poškození např. torsních tyčí.
- c. Renovace na opravárenské rozměry s použitím abnormálních ložisek, abnormálních lož.váleček, jehlových váleček a pod.
- d. Sponkování litinových skříní systém METALLOCK nebo tzv. svařovanými jehlami.

- e. Nahrazování části opotřebeného dílu např. spojovacího drážkování vyrobeným polotovarem a jeho přivaření k původní části.

Uvedenými metodami je charakterizován hlavní renovační zásah, který ve většině případů vyžaduje pečlivou přípravu např. pískováním, obráběním, odmašťováním a po vlastním renovačním zásahu dokončovací operace.

2.2.1. Naváření svářecími poloautomaty WLSP 315 a WSP 600 v ochranné atmosféře plynů.

Princip : Přídavný drát je holý případně poměděný pro snadnější přechod el. proudu do drátu. Posuv drátu je zajištěn mechanicky podavačem. Oblouk vzniká mezi drátem a navařovaným předmětem a svarová lázeň a kov odtavují se z přídavného drátu je chráněn ochrannou atmosférou. Svařovací držadlo je vedeno ručně nebo mechanicky, svařovaný díl je případně upnut v polohovadle. (1)



Obr.1. Schema automatického navařování v ochranné atmosféře.

Technologické podmínky.

Svařovací proces v ochranné atmosféře nemá v celém rozsahu jednotný charakter. Je to způsobeno tím, že do určité hod-

noty svařovacího proudu svarový kov přechází do tavné lázně při procesu zkratovém a od určité hodnoty nastává proces bezzkratový. Při bezzkratovém procesu svařování nedochází ke zkratům mezi kapkami oddělujícími se od elektrody, při zkratovém procesu svařování alespoň některé kapky odtavují se elektrody způsobují zkrat mezi elektrodou a svarovou lázní. Mezi oběma procesy je tzv. přechodové pásmo, kterému se zpravidla vyhýbáme. Hlavním praktickým kritériem dobrého svařování je velikost rozstříku kovu. (1)

Přídavné materiály.

Ochranná atmosféra CO_2 má oxidační charakter, proto mají přídavné materiály zvýšený obsah dezoxidačních prvků Mn a Si. (2)

Dráty pro svařování ocelí třídy 11 C-113 až C-135.

Chemické složení - přísady C, Mn, Si.

Dráty pro svařování nízkolegovaných ocelí tř. 13 až 16 C-204 až C-215, C-312, C-321, C-508.

Chemické složení - přísady C, Mn, Si, Cr, Ni, Mo, Ti, V. (3)

Dráty pro zvláštní účely.

Tvrdonávarový drát UNION 600 IG, směrné chemické složení v %
0,46 C, 3,17 Si, 0,42 Mn, 9 Cr.

Tvrlost návaru 57 HRc až 62 HRc.

Tvrdonávarový drát je možno aplikovat na všechny druhy i obtížně svařitelných ocelí.

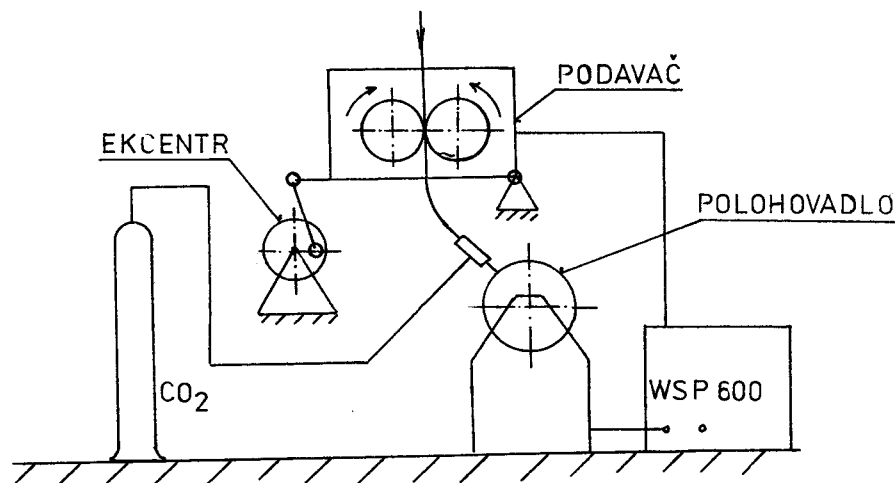
Volba přídavných materiálů pro sváření a naváření v ochranné atmosféře závisí na jakosti základního materiálu, požadovaných vlastnostech a rámcově je nutné se řídit doporučením výrobce.

Příklad použití v ČSAO Hradec Králové.

Výkyvná polonáprava T-148, vymačkané plochy pro kuželíková ložiska, zničený závit M 95 x 1,5
základní materiál 12 022, navařeno drátem C-214 ϕ 1,2 v CO₂.

2.2.2. Vibrační navařování automatem NVE 302.

Princip : Přídavný drát je veden podavačem přes svářecí hubici, která pomocí excentru vibruje a drát vykonává kmitavý pohyb od 0 do 100 Hz směrem k povrchu navařovaného materiálu. Charakter tohoto svařovacího procesu umožňuje navařovat při malém el.výkonu, proto lze navařovat válcové plochy malých průměrů a dochází k menším deformacím i tepelnému ovlivnění základního materiálu. Vibrační navařování je určeno pro automatický provoz, navařování nelze provádět ručně.



Obr.2. Schema vibračního navařování.

Technologické podmínky.

Podmínky svařovacího procesu jsou stejné jako u navařování v CO₂ (viz 2.2.1.) tzn., že je nutné svářet v oblasti zkratové nebo bezzkratové a zásadně se vyhnout přechodné ob-

lasti, při které dochází k velkému rozstříku svarového kovu. Protože se vibračně navařuje většinou při nízkých parametrech, použití je prakticky jen ve zkratové oblasti.

Přídavné materiály.

Použití přídavných materiálů je stejné jako ve stati 2.2.1.

Příklady použití v ČSAO Hradec Králové.

- Hřídel kuželových pastorků T-148, opotřebená kluzná plocha a závit M 65 x 1,5 ,
základní materiál 14 240, navařeno drátem C-508 ϕ 1,2 .
- Příčný hřídel kloubu, opotřebená plocha od jehlových válečků ϕ 63 ,
základní materiál 14 220.4, navařeno tvrdonávarovým drátem UNION 600 IG ϕ 1,2 .
- Pouzdro ložisek T-148, opotřebená kluzná plocha ϕ 220 ,
základní materiál 11 523 nebo zbytky původní výstelky,
navářeno drátem Cu Sn 8 ϕ 1,4 v ochranné atmosféře Ar.

2.2.3. Práškové navařování - systém ROTOTEC

Princip : Prášek je veden ve speciální pistoli (ROTOTEC 80) do neutrálního kyslíkoacetylenového plamene a z 200 mm vzdálenosti je vrhán na téměř studenou součást (20 až 200° C) s upraveným povrchem k naváření. Práškové částice se během letu v plameni roztaví a přivařují se k povrchu (mikrosvary) .

Příprava povrchu navařeného dílu.

Součást musí být před navařením dobře odmaštěn (trychloetylén) , rotační součást osoustružena, aby byly odstraněny oxidy. Dále se vyřeže oblý závit stoupání 0,8 mm. Na takto upravený

povrch se provede vlastní naváření, které musí být zahájeno nejdéle za 2 hod., aby na povrchu nevznikly oxidy nebo zaprášení.

Technologie naváření.

První vrstva (cca 0,1 mm) je navařena práškem XUPER BOND jako základní oddělovací pod veškeré funkční vrstvy.

Další funkční vrstvy se nanáší práškem podle potřeb - ných vlastností od tvrdosti 20 HRC do 60 HRC (DUROTEC) nebo barevnými kovy, výstelkami a pod.

Praktické použití v ČSAO Hradec Králové.

Renovace unikátních a drahých součástí, u kterých nelze provádět navařování v CO₂, např. klikové hřídele (12 060), nanášení výsterek atd.

Přídavné materiály.

Prášky v technologickém balení, jejich přesné složení výrobce neudává.

Výrobce : CASTOLIN - Švýcarsko

2.3. Výrobní postup hřídele zadní osy.

2.3.1. Obecná část

Vozy Tatra 148 jsou svou konstrukcí předurčeny pro provoz v terénních i klimaticky extrémních podmínkách. Jejich nasazení při stavbách vodních děl a pozemních komunikací v sibiřských podmínkách Sovětského svazu i v polopouštním klimatu států středního východu je obvyklé.

Unikátní páteřová konstrukce podvozku T-148 a pohon všech kol má svoje přednosti z hlediska průchodnosti terénem.

Celý podvozek je sešroubován z centrální roury, příčníků a středů náprav vodotěsně, přičemž veškeré pohony jsou uvnitř, proto se může dlouhodobě pohybovat pod vodou. Výkyvné polonápravy těsně k centrální části speciálními gumovými měchy zajišťují téměř neustálý styk jednotlivých kol s povrchem terénu.

Hřídel zadní nápravy, které se týká tato práce je posledním přímým hnacím elementem kol, tudíž přenáší i největší točivý moment. Konstrukce a výrobní postup je značně náročný, protože definovat namáhání jednotlivých elementů při záběru všech 6-ti kol na nerovném terénu a v rozdílných adhézních podmínkách je obtížné. Proto jsou prováděny dlouhodobé ověřovací zkoušky s vyhodnocením výsledků event. provedeny konstrukční změny.

2.3.2. Základní údaje o výrobě hřídele zadní osy. (4)

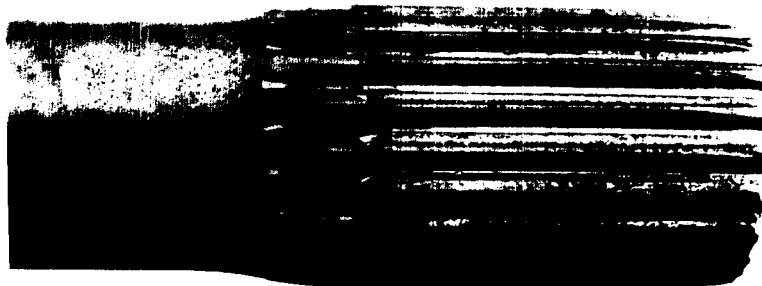
- základní materiál 14 230.0
- výchozí polotovár-zápustkový výkovek V-6-138.1.34.10-1
- a. Povrch hřídele soustružen na kopírovacím poloautomatu KDM 9/125 podle šablony
- b. Vrtání 10 otvorů ϕ 18 D 12 na vyvrtávacím stroji JUS AV 071
- c. Válcování evolventního drážkování 60 x 2,5 d 9 na hotovo na válcovačce GROB.
- d. Kontrola na trhliny - INKAR a odmagnetování.
- e. Kalení povrchu a popouštění
 - upnutí 2 kusů hřídelů přírubou dolů na kalícím stroji, ohřev pomocí induktoru v SF poli 2,25 Hz, kalení vodní sprchou na hloubku 6 až 8 mm a tvrdost 48 až 54 HRC, na drážkování je povoleno snížení tvrdosti na 45 HRC.
 - Kalení probíhá podle stanoveného programu automaticky

na zařízení EMA 2 - Siemens.

- popouštění v šachtové peci KPOA 38/15 při 300 až 310°C s výdrží 150 min., chlazení na vzduchu.
- f. Rovnání v přípravku na lise CDC 30, házivost drážkování $\pm 0,1$ max., dřík hřídele $\pm 0,5$ max. příruby 0,2 max.
- g. Kontrolní měření tvrdosti dle Rockwella u 50% hřídelů.

2.4. Charakter a rozsah opotřebení hřídele.

Opotřebení hřídele zadní osy od přenášeného kroutícího momentu se projevuje výhradně otláčením evolventního drážkování. Případy havarovaných /ukroucených/ hřídelů nejsou běžně zaznamenány. Pokud dojde k poškození hřídele mimo oblast drážkování je to vždy vlivem ohnuté výkyvné polonápravy čímž hřídel zadní osy je namáhána navíc ohybem a po určité době dojde k překroucení /prasknutí/. Tyto případy se dle vyjádření pracovníků TK vyskytují přibližně 3 až 5 x ročně, což činí při celkové produkci 2000 ks oprav /tj. 4000 ks hřídelů/ 0,1 % výskytu. Opotřebené drážkování nad stanovenou mez se dle údajů THN /technicko - hospodářská - norma/ vyskytuje u 50 % hřídelů tj. 2000 ks ročně.



Obr. 3 Hřídel zadní osy

Na hřídel je přenášen točivý moment evolventním drážkováním z náboje talířového kola v délce 100 mm, drážkování přechází v kruhový profil $\varnothing 53$ v délce 700 mm, který radiusem R 20 přechází do unášecí příruby z níž je deseti šrouby M 18 na $\varnothing 205$ unášen náboj talířového kola.

2. 4. 1. Výpočet maximálního krouťícího momentu

Nákladní vozidlo T-148 je určeno především pro provoz v terénních podmínkách kde dochází u jednotlivých kol k různým adhezním podmínkám i k nerovnoměrnému zatížení. Předpokládám, že za nejnepříznivějších podmínek jsou v záběru dva hřídele při zablokovaných diferenciálech zadních náprav, je zařazen I. převodový stupeň v převodovce a v přídatné převodovce je zařazen redukováný převod.

Výpočet celkového převodu

$$\begin{aligned}
 i_p &= \text{převodový poměr I. stupně} \dots\dots 9,97 \\
 i_r &= \text{redukováný převod} \dots\dots\dots\dots\dots 2,20 \\
 i_z &= \text{stálý převod zadní nápravy} \dots\dots 3,39 \\
 i_c &= \text{celkový převod} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (6)
 \end{aligned}$$

$$i_c = i_p \cdot i_r \cdot i_z = 74,356 \quad /1/$$

Točivý moment na hřídel zadní nápravy

$$\begin{aligned}
 M_{k_m} \text{ max.} &= \text{největší točivý moment motoru} \dots\dots 813 \text{ Nm} \\
 Z &= \text{počet hnacích hřídelů v záběru} \dots\dots\dots\dots\dots 2 \\
 i_c &= \text{celkový převod} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots 74,356
 \end{aligned}$$

η = mechanická účinnost..... 0,75

Mk_h max. = největší točivý moment na 1 hřídel

$$Mk_h \text{ max.} = \frac{Mk_m \text{ max}}{Z} \cdot i_c \cdot \eta = 22670 \text{ Nm} \quad /2/$$

2.4.2. Pevnostní poměry na drážkování

Výpočet únosnosti dle ČSN 01 4950

Kontrola únosnosti evolventního drážkování dle ČSN 01 4951

$$D = 0,055 \text{ m} \quad m = 2,5 \quad p_d = 2 \cdot 10^8 \text{ Pa} \quad \varphi = 0,75$$

$$b_2 = 0,1 \text{ m} \quad R_m = 1,45 \cdot 10^9 \text{ Pa} \quad z = 22 \quad Mk = 22670 \text{ Nm}$$

Namáhání zubů přenášeným kroutícím momentem je trojí:

a/ ohybem /normální napětí od ohybového momentu/

b/ smykem /tečné napětí od posouvající síly/

c/ tlakem

Obvodová síla na jeden zub

$$F = \frac{2 \cdot Mk}{\varphi \cdot D \cdot z} = \frac{2 \cdot 22670}{0,75 \cdot 0,055 \cdot 22} = 49961 \text{ N}$$

Namáhání zubu ohybem

$$S_{sf} = 2,17 \cdot m = 2,17 \cdot 2,5 = 5,425 \text{ mm} = 5,425 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$h_f = 1,1 \cdot m - 0,05 = 1,1 \cdot 2,5 - 0,05 = 2,7 \text{ mm} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{6 \cdot F \cdot h_f}{b_2 \cdot S_{sf}^2} = \frac{6 \cdot 49961 \cdot 0,027}{0,1 \cdot 0,005425^2} = 2,75 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

$$\sigma_{ko} = 0,85 \cdot R_m = 0,85 \cdot 1,45 \cdot 10^9 = 1,23 \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

koeficient bezpečnosti namáhání v ohybu k_o

$$k_o = \frac{\sigma_{ko}}{\sigma} = \frac{1,23 \cdot 10^9}{2,75 \cdot 10^8} = 4,48$$

Namáhání paty zubu smykem

$$\tau = \frac{3 \cdot F}{2 \cdot b_2 \cdot S_{sf}} = \frac{3 \cdot 49961}{2 \cdot 0,1 \cdot 0,005425} = 1,38 \cdot 10^8 \text{ Pa} \quad /9/$$

$$\tau_k = 0,45 \cdot R_m = 0,45 \cdot 1,45 \cdot 10^9 = 6,525 \cdot 10^8 \text{ Pa} \quad /10/$$

koeficient bezpečnosti namáhání ve smyku k_s

$$k_s = \frac{\tau_k}{\tau} = \frac{6,525 \cdot 10^8}{1,38 \cdot 10^8} = 4,73 \quad /11/$$

Namáhání zubu na otlačení

$$h_n = v_1 + v_2 \quad /14/ \quad v_1 = 0,4 \cdot m - 0,05 \quad /12/$$

$$v_2 = 0,5 \cdot m \quad /13/$$

$$h_n = 0,9 \cdot m - 0,05 = 0,9 \cdot 2,5 - 0,05 = 2,2 \text{ mm} = 0,0022 \text{ m} \quad /15/$$

$$p = \frac{F}{b_2 \cdot h_n} = \frac{49961}{0,1 \cdot 0,0022} = 2,27 \cdot 10^8 \text{ Pa} \quad /16/$$

$$p_D = 2 \cdot 10^8 \text{ Pa}$$

Není splněna podmínka $p \leq p_D$

Kontrolní výpočet i praktický provoz naznačují, že dražkování hřídele zadní osy je za mimořádných podmínek namáháno extrémně na otlačení. Vstupní hodnoty výpočtu tj. počet hřídelů zadní osy v záběru a mechanické ztráty jsou teoretické, ani podle dokumentace výrobce nebylo možno konkrétní údaje zjistit.

2.5. Hlavní kritéria volby renovačního zásahu

2.5.1. Technologický postup opravy s renovací součástí (7)

Při opravě všech výrobních, dopravních, zemědělských a stavebních zařízení a strojů se po demontáži na součásti tyto třídí obecně na dvě základní skupiny. Do první patří součásti dobré nepoškozené, jejichž opotřebení nepřesáhlo dovolenou mez. Jsou to součásti které je možno remontovat bez jakéhokoliv opravářského zásahu.

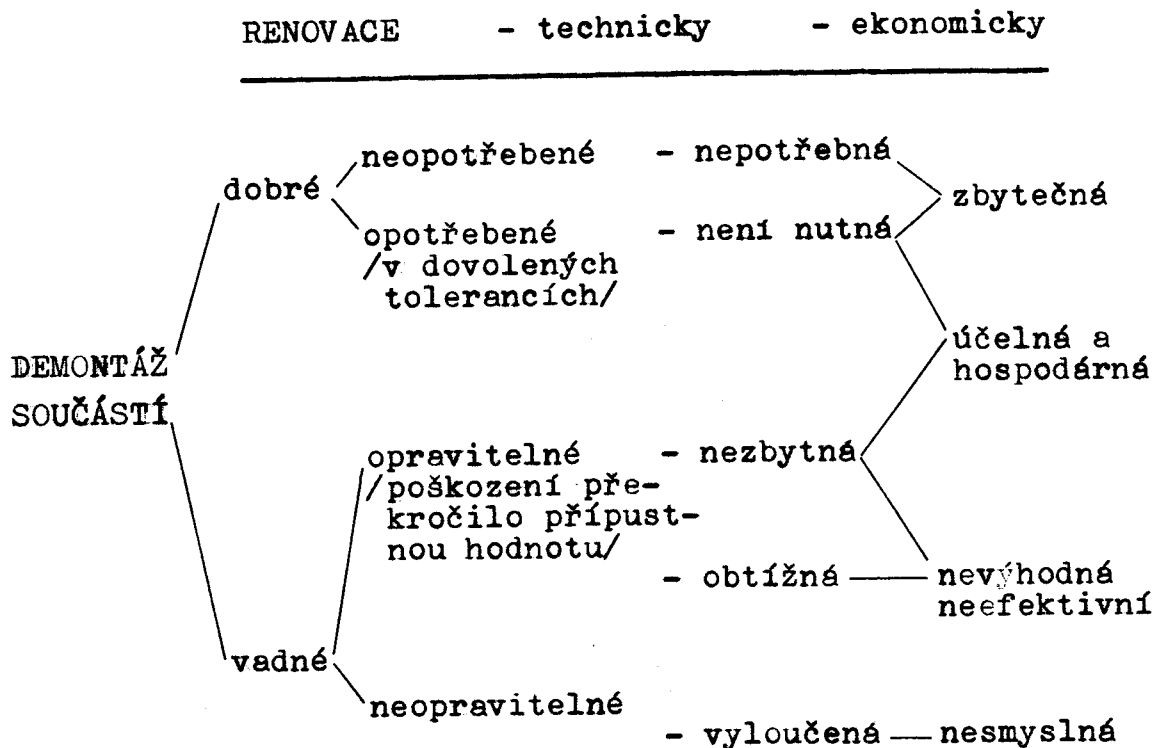
Do druhé skupiny pak patří vadné součásti, jejichž opotřebení nebo poškození překročilo dovolenou hodnotu. Tyto součásti se mohou vrátit do provozu pouze po provedené opravě - renovaci.

Vadné součásti se dále třídí na dvě skupiny. podle technicko - ekonomických hledisek do první podskupiny patří součásti, u nichž je oprava renovací technicky možná i ekonomicky účelná. Často také neúčelná, ale zase nutná. Ve druhé podskupině jsou součásti, které se vyřazují do šrotu. Přesto se mnohdy i ty přes technickou obtížnost a neefektivnost renovují, nebo se alespoň některé jejich části výhodně použijí. Vyjíměčně jich lze použít i jako materiál na jiné menší součásti.

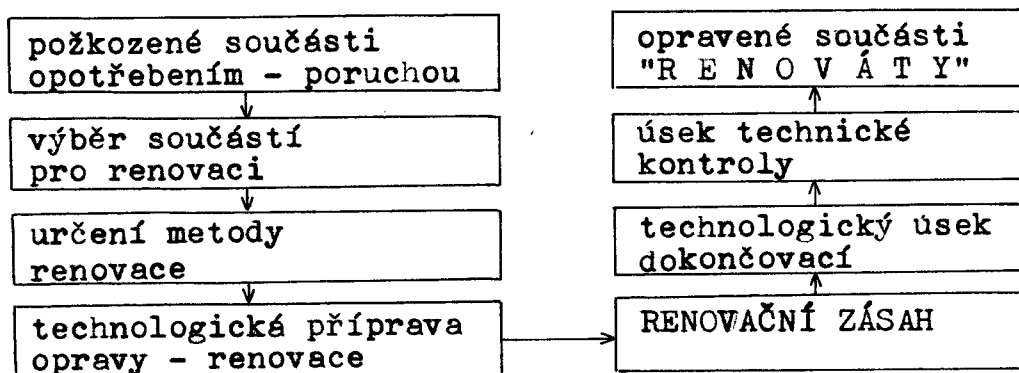
Z technického hlediska je základním úkolem renovace obnovit původní stav všech funkčních ploch opotřebené součástí. Renovace je fáze obnovení geometrického tvaru a jmenovitého nebo opravného rozměru při opravě součásti. Renovací se proto zde rozumí pouze sice hlavní, ale jen poškozenou plochu obnovující fáze technologického postupu / např. renovace navážením/ při opravě znehodnocené součásti. Vlastní

renovační zásah vyžaduje většinou důkladnou přípravu a hlavně pak precizní dokončovací operace.

Tabulka 1



Tab. 2 Schéma technologického postupu renovace součástí



2. 6. Stanovení technologického postupu

Podle charakteru opotřebení hřídele zadní nápravy T - 148 je nutné obnovit renovačním zásahem evolventní drážkování, které přenáší kroutící moment z náboje talířového kola na vozová kola zadních náprav.

Pro vlastní renovační zásah přicházejí v úvahu dvě alternativy:

A - nahrazení drážkového konce vyrobeným polotovarem a přivážením k neporušené části hřídele

B - opracováním vadného drážkování, navařením vhodným materiálem a opracování na původní tvar a rozměry

Vzhledem k charakteru namáhání a speciálnímu povrchovému tepelnému zpracování, které podstatně zvyšuje pevnostní hodnoty hřídele, bylo od alternativy "A" upuštěno. Dále byla již zpracována jen alternativa "B". Celý renovační zásah je rozdělen na 6 úseků, které jsou nutné k renovaci hřídele.

1. Výběr součásti k renovaci
2. Odstranění zbytků opotřebeného drážkování
3. Nanesení vrstvy přídavného materiálu navařením
4. Opracování návaru a zhotovení drážkování
5. Tepelné zpracování
6. Kontrolní operace

2. 6. 1. Výběr součástí k renovaci

Z charakteru opotřebení /2.4./ vyplývá, že všechny dobré součásti, kde opotřebení drážkování nepřesáhlo dovolenou mez byly remontovány bez renovačního zásahu. Ostatní opotřebené hřídele jsou tedy určeny k renovaci nebo do šrotu.