

škola: **strojní a textilní Liberec** Katedra: **obrábění a organizace**
Fakulta: **strojní** Školní rok: **1964/65**

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro **Jiřího V á c l a v a**
obor **strojírenská technologie**

Protože jste splnil požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomní úkol:

Název thematu: **Ověřovací zkoušky pevných závitových spojů**
v bloku motoru 1000 MB

Úkoly pro vypracování:

- 1) V politicko-hospodářském zdůvodnění rozveďte ekonomickou efektivnost zavedení pevných závitových úložení
- 2) Proveďte přehled dosud používaných způsobů pevných závitových spojů a vymezte oblast jejich použití.
- 3) Navrhněte zkušební zařízení pro strojní zatáhování šroubů do bloku motoru umožňující současné měření zatáhovacích momentů.
- 4) Navrhněte způsob výpočtu napětí vznikajících při pevném závitovém spojení.
- 5) S navrženým zařízením proveďte zkoušky zatáhování na částech bloku motoru. Naměřené hodnoty porovnejte s výpočtem.
- 6) Ekonomicky zhodnoťte navržené způsoby pevných závitových spojů.

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne 13. července 1952-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze dne 31.8.1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

STROJNÍ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC ZAPOSOVA 8

V 175/65 S

Rozsah grafických laboratorních prací: 5 - 8 schémat

Rozsah průvodní zprávy: 40 stran

Seznam odborné literatury:

AZNP: Zpráva o zkoušce závrtných šroubů - odděl. normalizace s. Hudík

GGST: Řezba metrické sponky

Normalizace: články v č. 8/1962, 8/1964

Vedoucí diplomní práce: Doc. Ing. Jaroslav Drásky

Konsultanti:

Jaroslav Jäger, prof. ekonom.
Ing. Jan Bohoušek
Josef Hudík

Datum zahájení diplomní práce: 26. října 1964

Datum odevzdání diplomní práce: 12. prosince 1964

L. S.

v 2. *Hudík*

Vedoucí katedry

Děkan

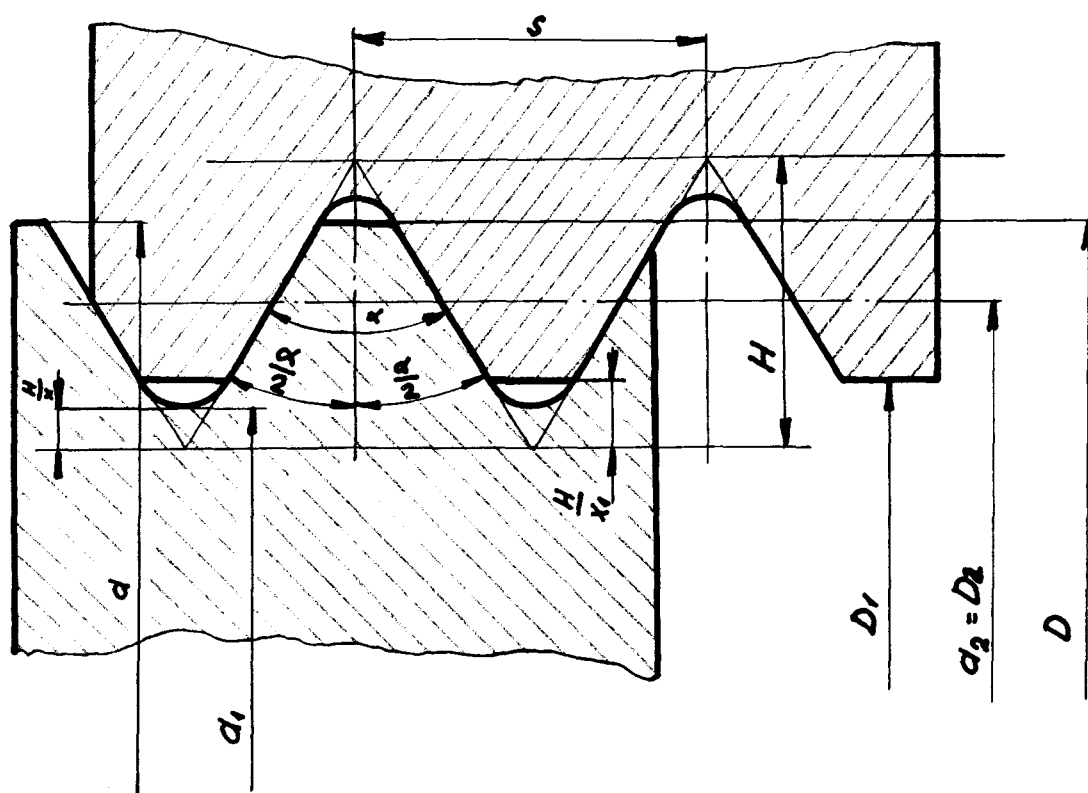
v

Liberec

24. I.

19

VŠST v Liberci	Ověřovací zkoušky pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listo: 89	List: 1
<u>Ú v o d</u> Předpokladem zajištění zásad socialismu je neustálé zvyšování životní úrovně obyvatelstva. Toto zajišťuje v první řadě prudký rozvoj všech výrobních odvětví národního hospodářství, který však značně zvyšuje i nároky na celý průmysl. Dosažení vysokého tempa produktivity práce při zajišťování zvyšování životní úrovně lidí, kam patří i odstraňování namáhavé lidské práce a snižování pracovní doby, vede k zavádění co největší mechanizace a automatizace. Touto cestou naše národní hospodářství směřuje při centralisaci výrobních celků, kde je možno automatizaci provést v co největší míře. Letecký a automobilový průmysl cestou automatizace zvyšuje svou výrobu. Příkladem automatizace výroby mohou být Automobilové závody národní podnik v Mladé Boleslavi, kde nově vybudovaný závod funguje zatím ve zkušebním provozu. Závitového spojení je snad použito u každého výrobku. Mechanizací procesů se od ručního utahování šroubů a matic přechází k utahování strojnímu. Pevné závitové spoje používané nejčastěji v průmyslu automobilovém, leteckém a energetice, jsou pro strojní utahování stále ještě ve stádiu zkoušek. Požadavek dosti vysoké přesnosti vyrobených šroubů a matic ovlivňuje technologičnost jejich výroby a hlavně kontroly. Proto jsou prováděna zkoumání použití větších tolerancí. Při dosavadních měřeních bylo používáno různých mechanických měřidel sestavených na principu různých momentových klíčů a torsních tyčí pro ruční zatahování. Tyto metody se nepřibližují běžně používanému strojnímu utahování a výsledky měření jsou tím ovlivněny. Předmětem diplomní práce je navrhnout zkušební zařízení, které by se co nejvíce přibližovalo běžně používanému zatahování pomocí utahovacích hlav. Zároveň je nutné navrhnout i způsob měření zatahovacích momentů, které by nebylo ovlivněno způsobem práce pracovníka. Čtení hodnot zajistit ze záznamů, aby se co nejvíce snížila, po případě úplně odstranila relativní chyba.			

Názvosloví

	označení	pojmenování	běžné hodnoty
šroub	d	velký Ø šroubu	
	d ₁	malý Ø šroubu	
	d ₂	střední Ø šroubu	
	$\frac{H}{X}$	okos závitu šroubu	$\frac{H}{6}$
matice	D	velký Ø matice	
	D ₁	malý Ø matice	
	D ₂	střední Ø matice	
	$\frac{H}{X} 1$	okos matice	$\frac{H}{4}$
	S	stoupání	
	H	celková výška profilu	
	r	přoměr zaoblení	$\frac{H}{6} = 0,144 S$
	α	úhel profilu závitu	60°
	$\frac{\alpha}{2}$	poloviční úhel profilu	30°

Hospodářské zdůvodnění řešení pevných
závitových spojů

Pevné závitové spoje jsou ve strojírenství stále častějším spojením. K jejich zavádění konstruktéry přivádí jednoduchost při řešení tvaru výrobku, který se jejich použitím oprostí od různých výstupků a osazení. V mnohých případech není ani možné použít přídavné matice pro nepřístupnost konce šroubu, či pro dodržení rovinnosti dosedací plochy.

Význam pevných závitových spojů se značně rozrostl používáním nových slitin ve strojírenství. Zvláštní kapitolu zaujímají závrtné šrouby při používání slitin titanu a žárupevných slitin v energetice a raketové technice. Běžně používané materiály pro pevné závitové spoje /ocelový šroub + slitiny Al, litina, běžná ocel/ nevykazovaly tak značné potíže, jaké se vyskytují při použití žárupevných a titanových slitin.

Celkově však doposud používané pevné závitové spoje postrádaly ucelení a sjednocení. Výrobci se zabývali řešením problému jednotlivě, bez jakéhokoli usměrnění normou. Normy ČSN obsahují přechodné závitové spojení pro jednotné matice SH 4 a pro šrouby s tolerancí Sr 2 při válcovaném závitu a Sr 3 při závitu řezaném /ČSN C1 14321/. Tato závitová spojení se používají v praxi jako pevné spoje i když se jedná o uložení přechodné, které nezaručuje jednoznačné zádání přesah. Šrouby dle ČSN C1-4321 s přesahem v toleranci SH 4/Sp 2 a SH4/Sp 3 našly v praxi uplatnění jen v malé míře. Pevného spoje SH3/Sr2, doporučeného normou ČSN C1 4322, se v praxi nepoužívá pro příliš malé tolerance závitu matice.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkoušky pevných závitových spojů v bloku moton 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 4

Úkolem technické normalizace bude shrnovat veškeré požadavky konstrukční nutnosti, porovnat s technologickými možnostmi výroby a doposud používané normy revidovat. Má-li norma plnit svůj účel, musí být běžně používána. Norma, která se zanedbává, ztrácí svůj význam, je mrtvá a přestává plnit účel normy. Přejít závodu na navržené normy se setká s mnoha obtížemi, které bude nutno překonat. Obtíže musí být vyváženy přínosem nových norem.

Nové nástroje nebude možno získat upravením starých, které bude nutno zachovat pro výrobu náhradních dílů k výrobkům produkováným před změnou normy. Veškeré nářadí bude nutno vyrobit nové. Taktéž nebude možno uskutečnit opravu měřidel a je nezbytné počítat s jejich výrobou. Toto všechno bezpodmínečně ovlivní prostory potřebné pro skladování, tj. výdeje nářadí a skladů, po případě nářadoven pro výrobu měřidel nevyráběných sériově. Zároveň je nutno počítat se zvětšením skladovacích prostorů u závodů vyrábějících nářadí, které musí mít vyrobený dostatečný počet nářadí před zavedením změny. Musí být zabezpečena možnost postupného zavádění nových druhů spojení u všech uživatelů současně. Tím se předejde komplikacím, které by mohly vzniknout používáním rozdílných závitníků u různých výrobců.

Vhodný přechod výroby a výměny závitového nářadí je plánován pro zavádění nových metrických závitů v ČSN dle doporučení ISO.

S umrtvováním jednotlivých starých typů strojů je nutno plánovat zvyšování výroby nových typů, aby nenastal případ, kdy by skladovací prostory zůstaly nevyužity.

Úprava závitových spojů na mezinárodní úrovni probíhá v mezinárodní organizaci ISO a v komisi pro standartizaci technických norem zemí RVHP.

Ve spolupráci se socialistickými zeměmi pracuje v ČSSR stálá komise, která propracovává otázku "Lícování metrického závitu pevného uložení". Vypracování se provádí v návaznosti na schválený návrh ISO - R68.

V mezinárodní organizaci ISO se jednání pevných závitových spojů zatím nedotýká. V současné době je na programu řešení úkolů vybudování mezinárodní soustavy tolerancí šroubů s trojúhelníkovým závitovým profilem. Hlavním požadavkem je, aby nová toleranční soustava byla použitelná jak pro metrické, tak i pro palcové závity. O této otázce pojednávají tři návrhy doporučené ISO :

- č. 297 - rozsah metrických závitů 0,25-300 mm
s profilem ISO
- č. 298 - rozsah metrických závitů 6 - 39 mm
s profilem ISO
- č. 362 - rozsah palcových závitů 0,06 - 6 mm
s profilem ISO

VŠST v Liberci	Cvěřovací zkoušky pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 6

Používané způsoby pevných závitových uložení

a/ Zajišťování závitových spojů

Zajišťování šroubů nelze uvažovat jako pevné závitové spojení. V podstatě se jedná o případ zajištění šroubu proti uvolnění. Toto pojištění možno dělit:

1/ Pojištění deformací zataženého závitu šroubu

Tato deformace je však právě na závadu, neboť znemožňuje vyměnitelnost šroubu. Povolením spoje nastává úplné zničení závitu matice. V praxi se tohoto spojení běžně nepoužívá. Jednotlivé případy možno zajišťovat tímto způsobem jen tehdy, jedná-li se o hrubý spoj, nevyžadující přesnost.

2/ Pojištění spoje mechanickým jištěním

Jako pojistek se používá příčných šroubů, kolíků, závlaček. Každé toto spojení vyžaduje uváděné jistící dílce, čímž cena spoje se zvýší. Bez ohledu na cenu, je toto jištění pouze částečné. Vyhovuje pouze pro statická namáhání; při dynamických namáháních přestává již bezpečně plnit svoji funkci.

b/ Vlastní pevné závitové uložení

1/ Lepený spoj. Pevného závitového spojení je možno dosáhnout lepením. Spoj bezpečně vyhovuje statickému namáhání. Při dynamickém namáhání dochází k plastické deformaci, která lepený spoj porušuje a šrouby se uvolňují.

2/ Pájený závitový spoj. Je opět vhodný pouze pro statická namáhání a pro nízké teploty. Při dynamickém namáhání dochází opět k trhlinám a uvolnění spoje.

3/ Pevný závitový spoj dosažený zvýšeným třením.

Zvýšením normální síly se zvýší tření závitu šroubu v matici. Tím však je vyžadován zvýšený zatahovací moment, kterým zatahujeme šroub do matice. Zvýšeným momentem překonáváme radiální prnutí vzniklé jak v matici, tak i ve šroubu. Toto závitové spojení je obdoba

VŠST v Liberci	Ověřovací zkoušky pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 7

pevného spoje nalisovaného čepu v otvoru.

a/ Přesah na středním průměru

Toto spojení je nejrozšířenějším způsobem pevného závitového uložení. Zobrazení tohoto spoje je na obr.2, kde "i" je uvedený přesah.

obr.2

Dle dosažitelných pramenů je zřejmé, že toto závitové spojení se nejlépe osvědčuje a je předmětem dalšího vývoje pevných závitových uložení. Zkoumá se vliv materiálu, geometrických nepřesností a způsob výroby. Snahou je dostat pevný závitový spoj s přesahem bez nebezpečí zadření.

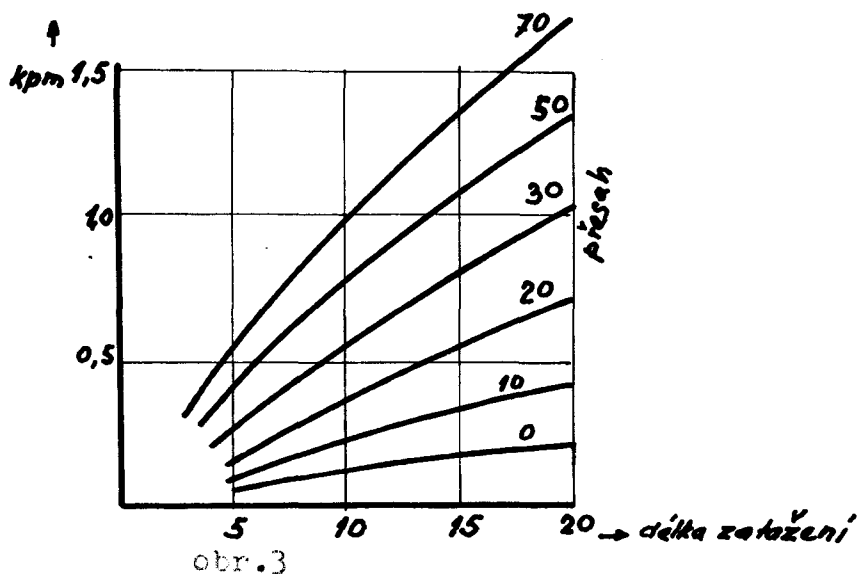
Oblast použití pevného závitového spojení s přesahem

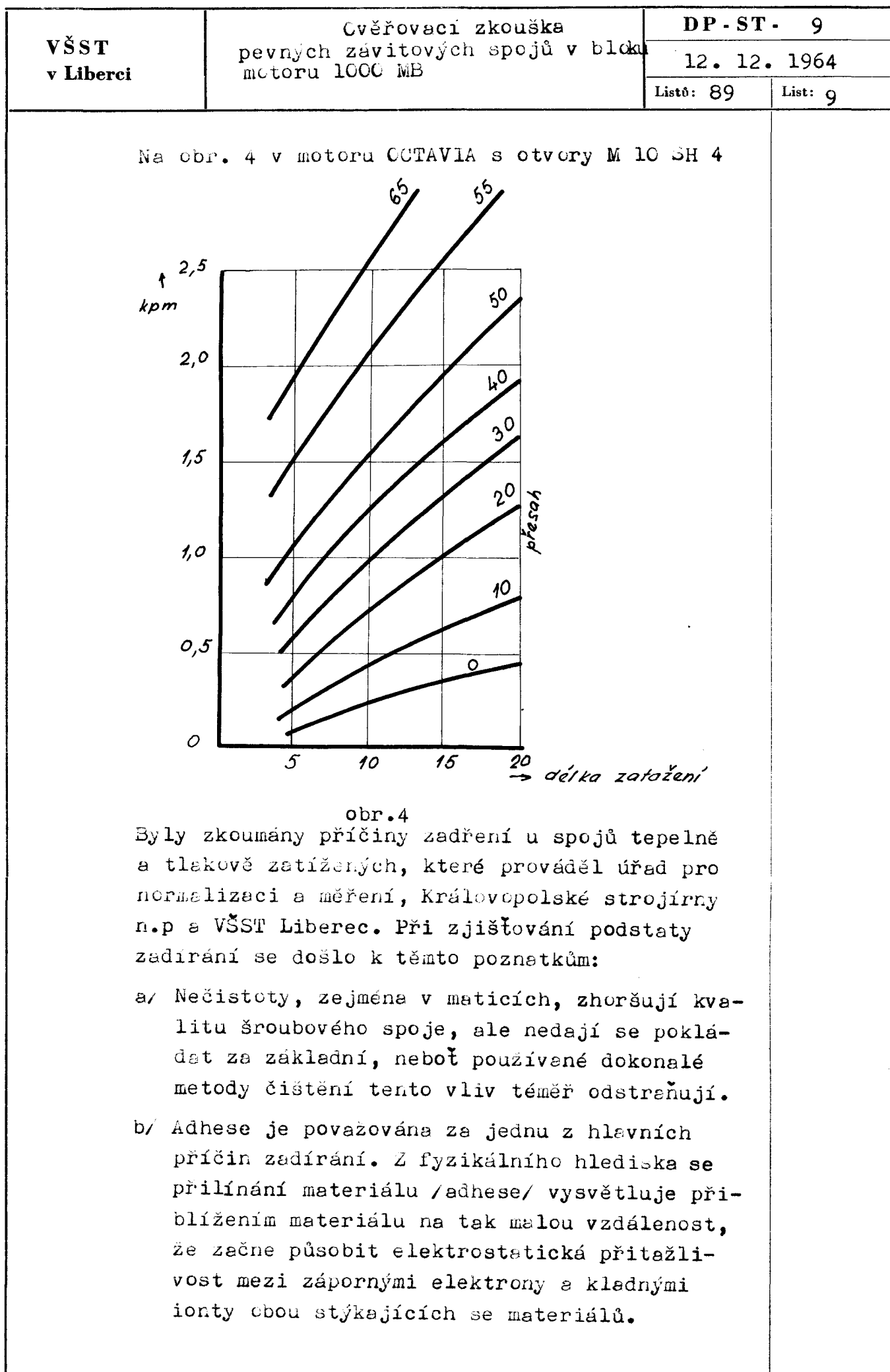
Toto závitové spojení se používá hlavně u závrtných šroubů, které musí vyhovovat těmto požadavkům:

- 1/ Každý šroub musí jít zatáhnout do celého závitu, aniž by se zadřel
- 2/ Spojení musí být demontovatelné
- 3/ Spojení musí být pevné, aniž by nastalo dotažení do výbehu.
- 4/ Nesmí dojít k uvolnění v provozních podmínkách během zatížení.

- ad 1/ Pro zabezpečení šroubu proti zadře-
ní vybereme nejvhodnější způsoby
opracování, případně povrchové úpra-
vy.
- ad 2/ Demontáž a opětnou montáž šroubu mů-
žeme zajistit pouze tehdy, dojde-li
namáháním spojů pouze k pružné defor-
maci. Překročením hranice pružné de-
formace nastane plastická deformace,
které způsobí, že po rozebrání spoje
nedojde k úplnému vrácení materiálu
do původní polohy.
- ad 3/ Nemá-li nastat povolení za provozních
podmínek, musí být přesah dostatečně
velký.
- ad 4/ Jelikož přesah je ovlivněn bodem 1
až 2, snažíme se jej udržet v patřič-
ných mezích. Pro zvýšení zatahovací-
ho momentu /tj. lepší držení závitů/
můžeme prodloužit délku zašroubování.
Tím se však zvýší i potřebný zatahova-
cí moment.

V obr. 3 máme zobrazen vliv délky
zašroubování na zatahovací moment
šroubem M 10 Ss3 do bloků (14)
motoru 1000 MB s otvory M 10 SH6.





VŠST v Liberci	Cvěřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST-9	
		12. 12. 1964	
		List: 89	List: 10

Čím více jsou plochy kovově čisté a vyšší jsou tlaky, tím větší bude intenzita adheze. Vliv na intenzitu adheze mají dále fyzikální vlastnosti materiálů, hlavně jejich tvrdost. Čím vyšší je tvrdost materiálů, tím vyšší je deformační odpor proti rozrušení a tím menší jsou odtrhávané částice. Příznivý vliv, způsobující snižování adheze, je pokrytí kovově čistých závitových ploch kysličníky, nitridy či fosfidy, které zabrání kovově čistému styku obou troucích se ploch materiálu. Proto se provádí povrchové úpravy závitu. Nejběžnější se používá nitridace, která nejen omezuje zadírávání, ale zvyšuje i korozivzdornost.

Shrneme-li poznatky o možnosti zadření šroubu, pak zjistíme, že nečistoty mají vliv který se ale dá odstranit vyčištěním. Velký vliv mají kovově čisté plochy, které obdržíme řezáním závitu. Ovlivnění nastane vysokými tlaky a zvýšenou teplotou, což zapříčiňuje zvýšená drsnost. Ovlivnění nastane i chybou v celkovém provedení závitu, či nedostatečným mazáním.

Při volbě pevných závitových spojů s přesahem na středním průměru se doporučuje vycházet z těchto zásad:

- 1/ Přesahy musí být určeny dle druhu materiálu šroubu a matice.
- 2/ Velké a malé průměry musí vykazovat zaručenou vůli.
- 3/ Odchyly závitu musí být takové, aby se běžně a bez velkých obtíží dal závit vyrobit.
- 4/ Závit musí navazovat na doporučený profil ISOR - 6 8.

VŠST v Liberci	Cvěřovací zkouška pevných závitových spojů v blo- ku motoru 1CCC MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 11

Neopomeneme dodržet předepsanou vůli mezi horními a dolními průměry závitu. Každé zadření způsobí nedotažení šroubu, neboť veškeré strojní utahovány jsou seřizeny na určitý maximální zatahovací moment. Při překročení této hranice dojde k zastavení vřetene a unašeče.

Vliv materiálu šroubu a matice

Pro šroub bývá většinou používána jako materiálu ocel. Materiál matice se obvykle mění. Nejčastěji se používá Al slitin v automobilovém průmyslu osobních vozů. Pro nákladní auta se používá litiny a v energetice dokonce legovaných ocelí.

Obtížné je stanovit pro jednotlivé materiály přesahy, neboť nebyla dosud vydána platná norma. V návrzích jednotlivých zemí se udávají různé přesahy pro používané materiály. Běžně se používalo závitové spojení s přesahem u kombinace ocel /šroub/ - slitina Al /matice/. Vývoj nově použitých materiálů vyžaduje normu i pro spojení ocel-ocel.

Čs. stálá komise pro normalizaci se tímto řešením zabývá v návaznosti na zkušenosti ze SSSR. Zde byly též zkoumány vlivy použití jednotného šroubu a jednotné matice. Uložení při jednotném šroubu vykazovalo dosti činitelů ukazujících na netechnologičnost jednotného šroubu, zvláště u těžko obrobitelných materiálů. Těžko obrobitelné materiály vyžadují totiž zvýšenou přesnost vyráběných závitů.

Zjistilo se, že používaná sovětská norma 122 MT 53, nevyhovuje současným požadavkům. Přibližuje se v tolerančním poli středního ϕ k soustavě jednotného šroubu.

VŠST v Liberci	Cvěřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 12

Při zkoumání použití nových materiálů se špatnou obrobitelností a aplikací uvedené normy, se objevily technologické obtíže.

- 1/ Na šrouby z nerezavějících či konstrukčních ocelí značně působil žárupevný materiál matice, který způsoboval deformace jednotlivých závitů šroubu a materiál šroubu se začal vydrolovat na velkém průměru. Vydouvání při závitovém skloubení činilo až 0,15 mm/ Ø.
- 2/ Materiál matice se podrobuje změnám na vnitřním průměru, to znamená, že po zavrtání šroubu se vnitřní průměr matice zmenší až o 0,20 mm. Tento případ je zřejmě podmíněn nerovnoměrným rozdělením zatížení podle výšky profilu, profilu závitu, koncentrovaných napětí v oblasti zaoblení závitu a různou pevností závitu podle jeho výšky.
- 3/ Použití nových materiálů vyžaduje současně použití antikorozivního povlaku na šroubech. Je nutné však uvažovat tloušťku ochranné vrstvy, neboť na velkém a malém průměru může způsobovat dodatečný přesah jak matice, tak i šroubu.
- 4/ Řezný nástroj na závit v matici při obrábění nových těžkoobrobitelných materiálů podléhá zvýšenému opotřebení na povrchu zubu. Tím však trpí jakost zhotovené plochy v matici.
- 5/ Nové žárupevné a titanové slitiny dávají během procesu obrábění nulové rozhození. Lité slitiny mají dokonce ještě sklon k smrštění.

VŠST v Liberci	Cvčřřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 13

To způsobuje těžkosti při zajiřřřování zaručených vůlí. Ukázalo se, že největřřší potíže při výrobě závitového spojení připadají na zhotovení závitu matice, obzvlášř s přihlédnutím k masivním částem žárupevných a titanových slitin.

Ke zhotovení pevného závitu v součástech z nových materiálů jsou nutny speciální závitníky, jejichž přesnost je zvýřřena na 0,005 - 0,007 mm u rozteče a na středním průměru v rozmezí 0,008 - 0,010 mm. Tolerance poloviny úhlu profilu je 8 - 10 minut.

Počet závitníků určených pro výrobu závitu v těchto ocelích se zvýřří na 4 kusy v sadě.

Kontrola těchto závitů se provádí kalibry vyrobenými opět se zvýřřenou přesností. Životnost závitníků při práci v těchto materiálech je nízká. Výhodnějšř by bylo použitř tolerančního pole jednotné matice, kde toleranční pole na středním průměru hladicího ručního závitníku, upevnřřovacího závitu a hladicího závitníku pro řezání pevných závitů se rovnají, tj. závitníkovou sadou na přesné závity možno vyřezat závit upevnřřovací 2. třřdy přesnosti. Dokonce nemá vliv ani částečné opotřebenř profilu závitu.

Přesahová závitová spojení použitřvaná mimo územř ČSSR

Obdobné nedostatky, jaké se vyskytují v řs. normách, vykazují i normy ostatních zemř, tj. existují malé přesahy, ři značně velké přesahy, které nezaručují jednotnou použitřvatelnost pro všechny druhy materiálů.

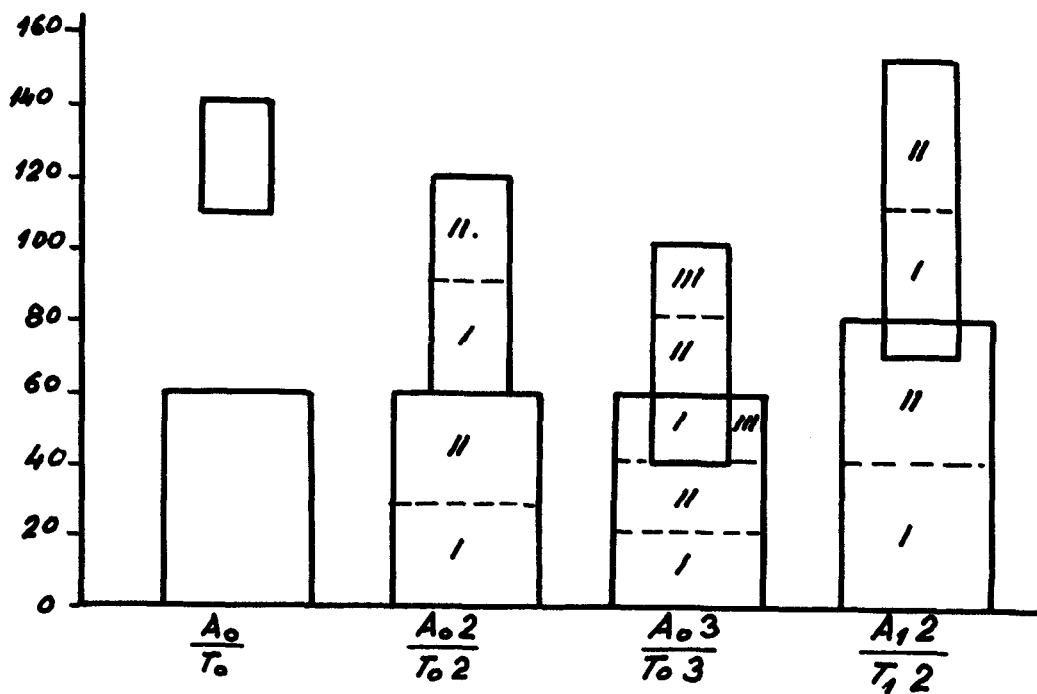
VŠST v Liberci	Cvěrovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listo: 89	List: 14

Na obr. 5 jsou znázorněny doporučené tolerance středního průměru dle ČSN, které jsou v současných normách. Spojení SH3/Sr2 je v praxi neoblíbeno pro těsnou toleranci závitů matice.

Na obr. 6 jsou doporučované přesahy na středním průměru šroubu, vzhledem k toleranci matice normy GOST.

SH4/Sr2	SH4/Sr3	SH4/Sp2	SH4/Sp3	SH3/Sr2

obr. 5



obr. 6

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST-9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 15

Na obr. 7 jsou normy DIN a ASA opět určeny k toleranci středního průměru závitu. U normy DIN je tolerancí Sh4 značen pouze závit šroubu. Závit matice je rozdělen podle druhu na jemný, střední a hrubý, kde se mění pouze horní hranice tolerance závitu.

DIN	ASA		
Sh4	NSHF	NSCSF	NSONF
			
			

obr. 7

Pro jemnější rozdělení jsou zaváděny v normě GOST ještě přesnosti I; II; III;
Indexy C;l u písmene A;T značí třídu přesahu závitu
Přiřazené číslo 2;3 značí třídu /skupinu/
Uložení $\frac{Ao}{To}$ je doporučeno používat po spojení slitin Al a litiny. Tyto materiály jsou používány při výrobě diesselmotorů, traktorů a aut.

Ac2/To2 je doporučeno použít pro spoje slitin Al a Mg, kterého se používá při spojení materiálů s tenkými stěnami př.le-tectví.

Ao3/To3 má být používáno pro toleranci závitových spojů ocel - ocel.

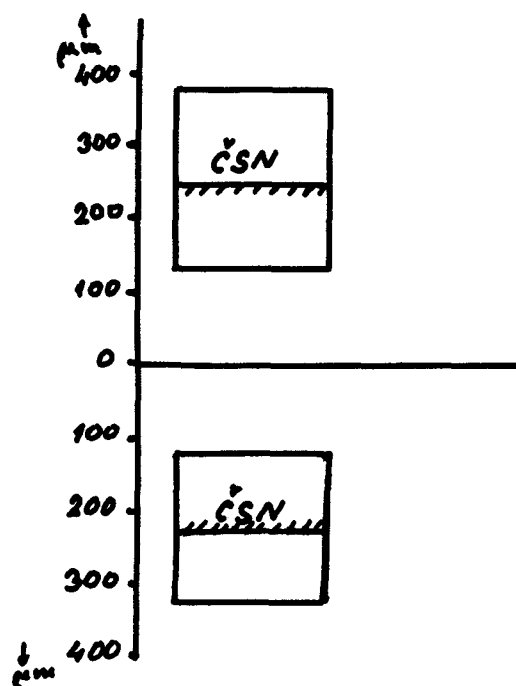
A₁2/T₁2 je určeno pro tolerování závitových spojů v litině.

VŠST v Liberci	Cvěřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 100C MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 16

Stálá Československá komise při RVHP pro tvorbu normy pevných závitových spojů propracovává 3.návrh, v němž mimo jiné upravuje návrh normy GOST a porovnává s ČSN .

Pro pevné závitové spojení dle Ao/To pro závit M 10 by vycházely tyto výrobní hodnoty:

závit	stoupání závitu	matice					
		vnitřní průměr			střední průměr		
		spodní hranice	horní hranice	tolerance	spodní hranice	horní hranice	
M 10	1,5	+130	+380	250	+90	+140	
		šroub					
		dolní průměr			horní průměr		
		spodní hranice	horní hranice	tolerance	horní hranice	spodní hranice	tolerance
		-234	-76	158	-120	-320	200

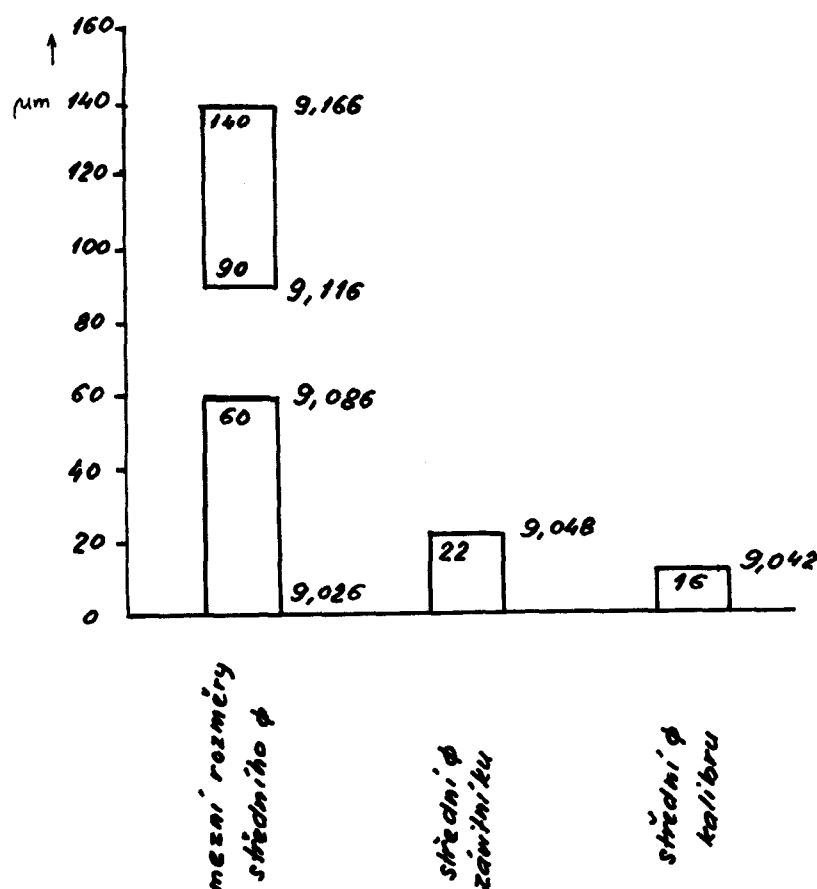


obr.8

Na obr.8 jsou znázorněny úchytky malého průměru matice a velkého průměru šroubu uvedeného v tabulce.

Dále je v obrázku zakreslen průběh tolerance ČSN.

Na obrázku 9 jsou zakresleny úchytky středního průměru uvedeného závitu.



obr.9

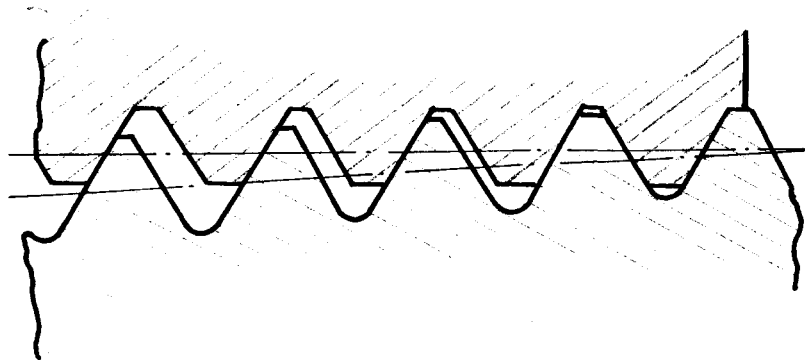
Pojištění přesahem kuželového výběhu

Pojištění závitu provedeno přesahem kuželového výběhu dotaženého do prvního závitu matice. Jak je však známo, přenáší první závit největší část zatížení a kuželový výběh toto zatížení ještě zhoršuje, neboť způsobí další přídatné namáhání. Tento způsob je používán v NDR. Jedná se o základní uložení dle DIN Sn4 dle obrázku č. 7.

Zatažení šroubu do výběhu dává možnost zadření /viz dále/, vliv vrubu se zvyšuje a spojení je méně odolné na únavu. Nedokonalé geome-

trie ve výběhu v souvislosti s vůlí mezi šroubem a maticí způsobuje, že se osa závitu šroubu odchýlí od osy závitu matice a může nastat přídavné namáhání. U vzdálenějších závitů může dojít k snížení nosné hloubky.

Na obrázku 10 je znázorněn extrémní případ.



obr. 10

Tento případ se zejména nepříznivě projeví při montáži několika závitových šroubů zavr-
taných na určité přesné rozteči.
Při přichycení protikusu může dojít k nesou-
ososti otvoru a šroubu.

Závitové spojení s úchytkou ve stoupání

Toto závitové spojení navržené, čs. paten-
tem č. 100840, se běžně zatím nepoužívá, je
stále ještě ve stádiu zkoušek. Při tomto zá-
vitovém spojení dochází k předpětí. Jelikož
stoupání závitu šroubu je zmenšeno proti nor-
málnímu stoupání závitu matice, dochází k na-
pětí v závitech, které má za úkol snížit na-
máhání prvního závitu a rozdělit je mezi ostat-
ní závity.

Skutečnost, že první závit matice přenáší asi 30 % celkového zatížení, platí jen tak dlouho, než se dosáhne této hranice v zatížení prvního závitu. Pak začne jeho plastická deformace. Potom jsou ostatní, dosud jen elasticky deformované závity silněji zatíženy. Tento proces se opakuje u všech závitů. Zatížení prvního a posledního závitu matice je na konci tohoto stádia takřka stejné a rozdíl v zatížení je v tomto okamžiku nesrovnatelně menší, než při výlučně elastické deformaci.(1)

Zmenšené stoupání /úchylka/ šroubu umožní, aniž by nastala deformace, volné našroubování šroubu do prvních závitů matice.

Počet volné našroubovaných závitů lze vyjádřit vzorcem:

$$Z = \frac{T_m - T_s}{\Delta S} \quad \text{tg } \frac{\alpha}{2}$$

kde je Z počet závitů

T_m tolerance str.Ø
matice

T_s tolerance str.Ø
šroubu

ΔS výchylka stoupání

α úhel profilu zubu

Úkolem tohoto spojení má být, nahradit v některých případech pevné závitové spojení, zvláště při zavedení strojních montáží.

Návrh zkušebního zařízení pro strojní zatahování
šroubů, umožňující měření zatahovacích momentů

U doposud prováděných metod se provádělo měření různé upravenými momentovými klíči, kde čtení zatahovacích momentů bylo s většími či menšími odchylkami. Tyto způsoby neodpovídaly podmínkám strojního zatahování. Nebylo použito rovnoměrného zatahovacího momentu, jakého se dosahuje při použití pneumatických či elektrických utahovacích klav. Úkolem diplomní práce je najít způsob měření, který by byl obdobou běžného strojního utahování. Otáčky lze dosáhnout na běžných vrtačkách s měnitelnými otáčkami.

Zjištění hledaného momentu lze provést pomocí dynamometru. Naměřené hodnoty se snažíme zaznamenat co nejpřesněji, nejraději je přímo vynášíme zapisovacím zařízením. Tím je odstraněna možnost relativní chyby, které se můžeme dopustit při čtení záznamu.

Rozdělení dynamometrů:

1/ Podle použití na jednotlivé způsoby obrábění dynamometry dělíme:

- pro soustružení
- frézování
- vrtání
- broušení

2/ Podle počtu měřených složek, které lze dynamometrem měřit /současně/:

- jednosložkové
- dvosložkové
- třísložkové

3/ Podle způsobu měření rozeznáváme dynamometry:

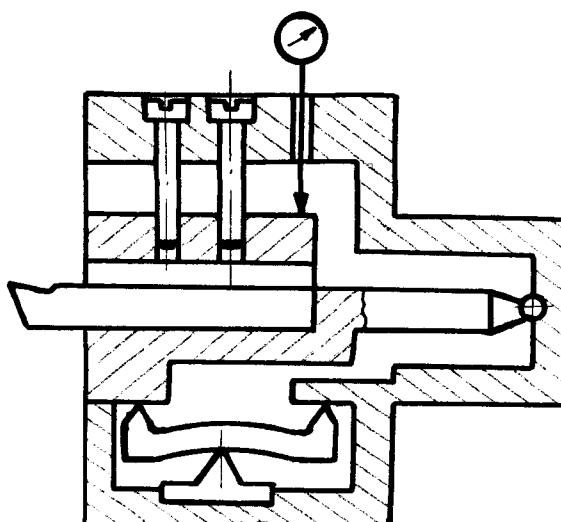
mechanické
hydraulické
pneumatické
elektrické
optické

Dále můžeme dělit dynamometry ještě dle
různých hledisek:

dle citlivosti
přesnosti měření
rozsahu měření
tuhosti /statické i dynamické/

Mechanické dynamometry - obr. 11 -

měří velikost síly pomocí deformace páky.
Tato deformace se přenáší přes držák,
kloubově uložený v dynamometru, na dotek
indikátoru. Nevýhodou těchto dynamometrů
je poměrně malá citlivost.



obr.11

Hydraulické dynamometry -

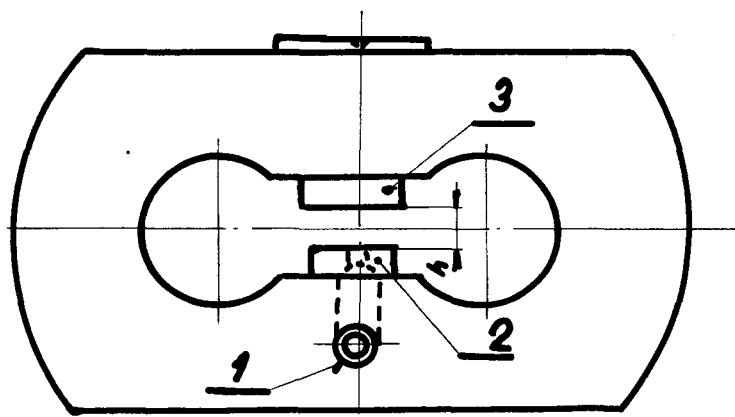
siloměrným elementem je vlastně hydraulický válec s pístem či membránou vložený mezi nástroj a držák. Tlak zachycuje píst /či membrána/ přenáší kapalinou na měřicí hodinky /manometr/.

Tento princip má několik nedostatků:

- a/ hydraulické měřicí přístroje mají pomalou reakční schopnost a při rychlejších změnách působících sil vykazují značné nepřesnosti.
- b/ pro vyšší přesnost se provádí dynamometry s velkým zdvihem, čímž se stávají nedostatečně tuhé.
- c/ dynamometry mají jen jediný rozsah.

Pneumatické dynamometry -

pneumatický siloměrný kroužek je na obr.12



obr.12

Stlačený vzduch je přiváděn nastavcem 1 a kanálem do dýzy 2. Proti této dýze je mikrometricky stavitelný kolík 3. Síly působí na siloměrný kroužek přes ocelovou kuličku. Působením síly se kroužek deformuje, čímž se zmenšuje mezera "h". Změnou mezery se mění průtočný průřez a tím i velikost tlaku vzduchu. Velikost změny tlaku se odečte na manometrické trubici.

VŠST v Liberci	Cvěřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 23

Dynamometry založené na elektrickém principu -
u těchto dynamometrů existuje několik způsobů měření. Všechny mají určité přednosti proti dynamometrům mechanickým, hydraulickým, pneumatickým. Je to hlavně malá setrvačnost měření, více měřicích rozsahů, možnost provedení grafického záznamu buď oscilografem, či nafilmováním světelného obrazce /nejčastěji pohybujícího se bodu/ na film.

Elektrické přístroje k měření soustředěných sil -
do této skupiny elektrických dynamometrů patří mnoho přístrojů k měření sil při mechanickém namáhání či opracování součástí.

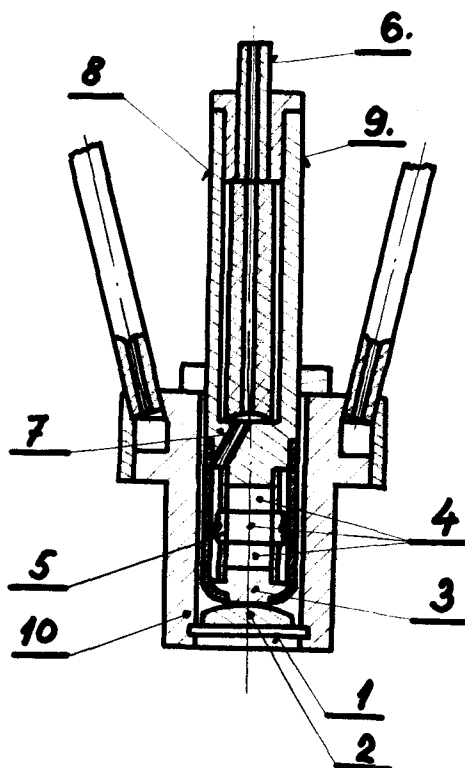
Hlavním požadavkem, kladeným na snímače, je co možná nejmenší deformace pracovní části snímače. Tomuto požadavku vyhovují do jisté míry všechny snímače, používané k přeměně mechanické veličiny na elektrickou. V praxi se při měření sil a tlaků setkáváme s piezoelektrickými, magnetickými, induktivními a kapacitními snímači. Zvláště malé posuny, způsobované měřenou silou, jsou u piezoelektrických a magnetostrikčních snímačů.

Podle použitého principu se dělí na:

- 1/ piezoelektrický
- 2/ magnetostrikční
- 3/ kapacitní
- 4/ indukční
- 5/ fotoelastický
- 6/ odporový

1/ Piezoelektrické dynamometry -
jsou založeny na piezoelektrickém efektu některých typů krystalů. Při deformaci uvedených krystalů vzniká na jejich povrchu rozdíl potenciálů, který je úměrný deformaci a může dosáhnout značných velikostí. Výhodou tohoto dynamometru

je malá setrvačnost. Můžeme jí změřit změny zatížení do 30 000 - 50 000 c/sec. Piezoelektrického principu se nedá dosti dobře použít pro měření statických veličin, neboť napětí postupně klesá. Další nevýhodou je malá pevnost krystalů, která bývá 10 - 15 kg/mm². Příkladem můžeme vzít snímač monometru k snímání indikátorových diagramů ve válci spalovacích motorů, obr. 13.



obr.13

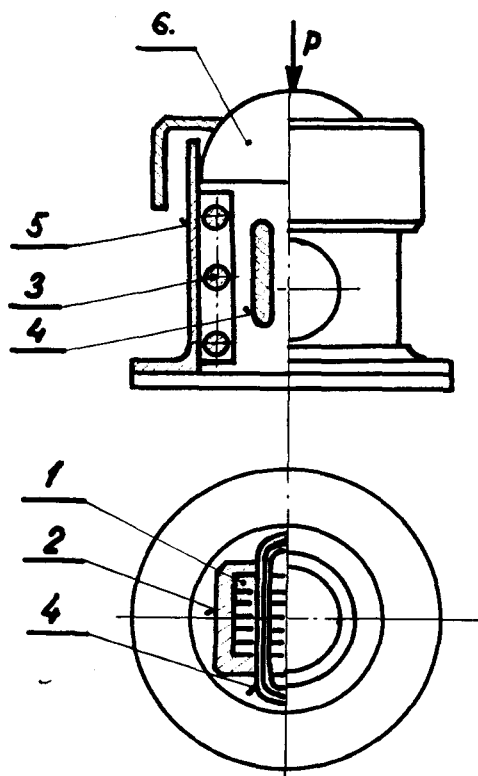
Tlak, který chceme měřit je přenášen membránou 1 s opěrnými destičkami /patkami/ 2 a 3 na křemenné desky 4. Dolní křemenná deska chrání dvě horní pracovní destičky před rozdrcením působením měrných tlaků. Výstupní folie se záporným potenciálem, upnutá mezi dvěma pracovními křemennými destičkami, je připojena k dělenému kroužku 5, který je spojen s vnějším vývodem 6 a pomocí vodiče provlečeného

trubičkou 7 a pouzdem 8 z organického skla. Objímka 9, k níž jsou připevněny křemenné destičky s výstupními součástmi, jakož i patka 9, jsou zašroubovány do tělesa snímače 10. Celý tento snímač možno našroubovat místo svíčky do motoru.

Nedostatkem přístrojů s pžcelektrickými snímači je to, že části, jimiž prochází proud, musí být dokonale izolovány proti zemi.

Magnetostrikční dynamometry -

na obr. 14 je znázorněn snímač dynamometru. Jádru 1 je sestaveno z tenkých, vzájemně izolovaných permaloyových plechů. Horní a dolní část jádra je broušena. Tím se dosáhne stejnoměrného rozdělení tlaku. Svazek jádra 1 je zasazen do objímky 2 a stažen šrouby 3. Vinutí 4 je povlečeno dvěma obdélníkovými štěrbinami v tělese objímky a jádra. Jádru s cívkou a objímkou je vloženo do ocelového tělesa 5, které jej chrání a je zároveň magnetickým stíněním. Síla P působí na horní čelo přes kulový segment 6.



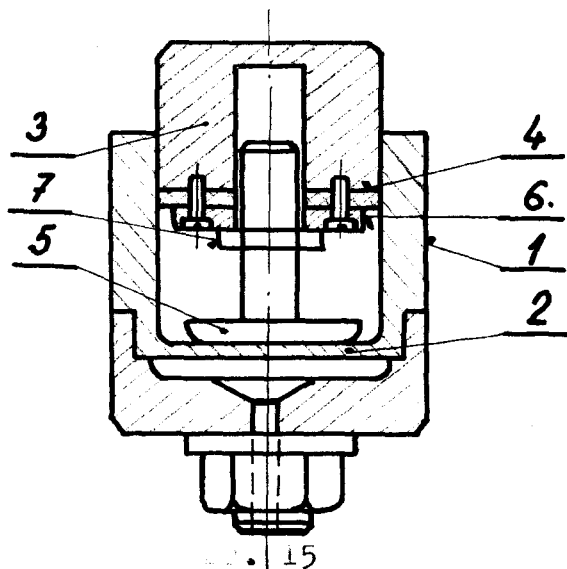
obr.14

Kapacitní dynamometry -

princip měření velikosti zatěžující síly spočívá ve změně kapacity siloměrného elementu, obr. 15.

V ocelovém tělese 1, jehož dno je membránou 2, je našroubována ocelová zátka 3 a k ní je připevněno isolační těsnění 4. K těsnění je přišroubována invarová podložka 6. Do jejího středového otvoru je našroubována tyč s pevnou deskou 5. Poloha desky /mezera mezi dnem a deskou/ se ustavuje pomocí matice 7.

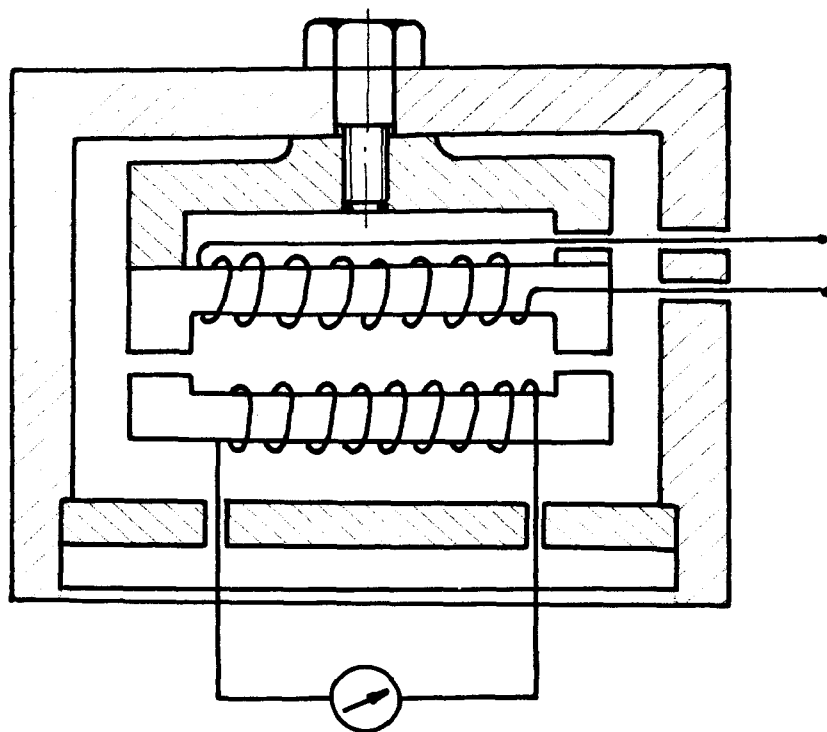
Zmenšováním mezery mezi deskami a dnem se mění kapacita, kterou měříme. Kapacitní dynamometry jsou velmi citlivé, přesné a pracují bez setrvačnosti.



Indukční dynamometry -

jsou založeny na principu změny intenzity elektrického proudu, který se indukuje v cívce. Velikost této změny je závislá na velikosti změny vzduchové mezery mezi cívkami c1 a c2, obr. 16.

Do cívky c1 se přivádí střídavý proud o konstantním napětí. Dynamometr se skládá ze siloměrné krabice, na kterou působí zatěžující síla. Změnou vzduchové mezery se změní i intenzita elektrického proudu, kterou změříme galvanometrem. Nevýhodou tohoto dynamometru je jeho nelineární průběh výchylky se zatížením a malá tuhost. Je totiž zapotřebí větších změn vzdáleností mezi cívkami.

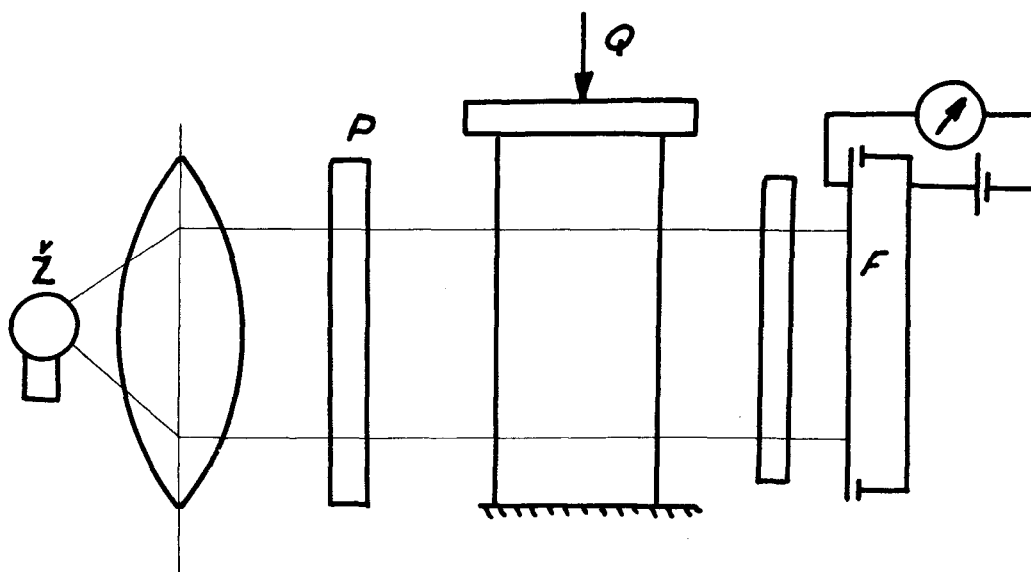


obr.16

Fotoelastické dynamometry -

podstatou fotoelastických metod výzkumů a měření je jev, že průhledné, homogenní a isotropní hmoty, které jsou působením vnějších sil uvedeny do stavu jednosé napjatosti, se stávají opticky dvojlomnými. Polarizované světlo prochází hmotami nestejnou rychlostí, podle směru své polarizační roviny. Jinou rychlost má světlo, jehož polarizační rovina je rovnoběžná se směrem maximálního hlavního napětí, jinou rychlost má světlo s polarizační rovinou kolmou k tomuto směru. Těchto zjevů lze užít k dynamometrickým účelům, tj. k měření sil. Jako průhledové hmoty se nejčastěji užívá plexiskla a celuloidu.

Princip fotoelastického měření sil je znázorněn na obrázku 17. Světlo žárovky dopadá na polarizátor P , dále projde fotoelastickým elementem, který je zatížen silou Q . Po průchodu tímto elementem dopadá světlo na analyzátor A . Světlo, které projde analyzátozem, dopadá na senzenovou fotonku F , v níž budí proud, úměrný intenzitě osvětlení. Proud je měřen citlivým mikroampérmetrem.



obr.17

Odporový dynamometr -

principiálně je založen na změně odporu elektrických vodičů, které zatěžujeme určitou silou. Nejznámější z použitých snímačů:

snímač s uhlíkovým odporem

snímač s kapalinným odporem

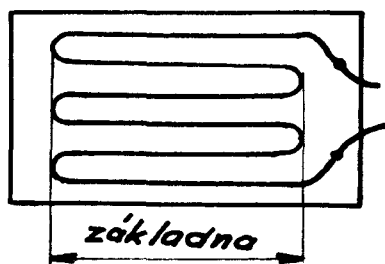
snímač tensometrický

Snímače s uhlíkovým odporem jsou velmi citlivé. Jejich citlivost je několikrát vyšší než citlivost odporů tensometrických. Tyto snímače jsou velmi citlivé na teplotu /vliv teploty se u všech snímačů snažíme vykompenzovat/ a mění svoje vlastnosti s časem. Nejvíce používaným odporovým snímačem je tensometr, který má řadu výhod před všemi uváděnými snímači.

Tensometry - obr. 18

Měření s použitím tensometrů se zakládá na změně ohmického odporu drátu v závislosti na prodloužení. Drát zatížený tahem se prodlužuje a jeho průřez se zmenšuje, takže odpor drátu roste. Deformace v podstatě měříme jako změnu lineárních rozměrů, ke kterým dojde statickým či dynamickým zatížením. Pro správné rozdělení napětí v součásti se musíme snažit provést měření v co nejmenších úsecích, jaké nám citlivost a příkon snímače dovolí.

Elektrických tensometrů se obzvláště používá pro měření dynamických namáhání, neboť mají setrvačnost značně nižší, než tensometry mechanické, či opticko-mechanické.



obr.18

VŠST v Liberci	Cvěřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1CCC MB	DP-ST-9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 30

Nejpoužívanější tensometry jsou drátové tensometry. Jsou to vlastně tenké drátky, přilepené na tenký papírový pásek zvláštními lepidly ze syntetických pryskyřic. Pásek je nalepen podobným lepidlem na očištěný a dokonale odmaštěný povrch součásti. Deformaci součásti přebírá drát.

Ten svou deformací mění i měrný odpor .

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}$$

U tensometrů sledujeme poměrnou citlivost

$$\frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}} = K$$

Tato citlivost je pro různé materiály různá.

materiál	k
konstantan	
/58,8 % Cu - 40% Ni-2% Mn/	1,9-2,4
NiChrom /80% Ni - 20% Cr/	2,00
Slitina FeCrAl	2,8-2,9

Citlivost skutečného drátového snímače však ve skutečnosti je značně menší. Toto zmenšení citlivosti je způsobeno ohyby drátu, které nepřenášejí plnou měrou deformaci součástky. Závislost citlivosti snímače na jeho základně je znázorněna v diagramu na obr. 19

/pro konstantan Ø 0,03 mm/

obr.19

Těchto snímačů lze použít nejen k měření pružných deformací, ale i plastických. V úseku plastických deformací je změna $\frac{\Delta R}{R}$ značně větší, než v úseku deformací pružných.

Na funkci drátového snímače má značný vliv teplota. Provádíme kompenzaci teplotní chyby.

Teplotní činitel lineární roztažnosti materiálu součásti " β_z " je značně rozdílný od teplotního činitele lineární roztažnosti materiálu drátu " β_d ". Je-li deformace drátu přilepeného snímače $\frac{\Delta l}{l} = \beta_z - \beta_d$, změní se i odpor /relativní/

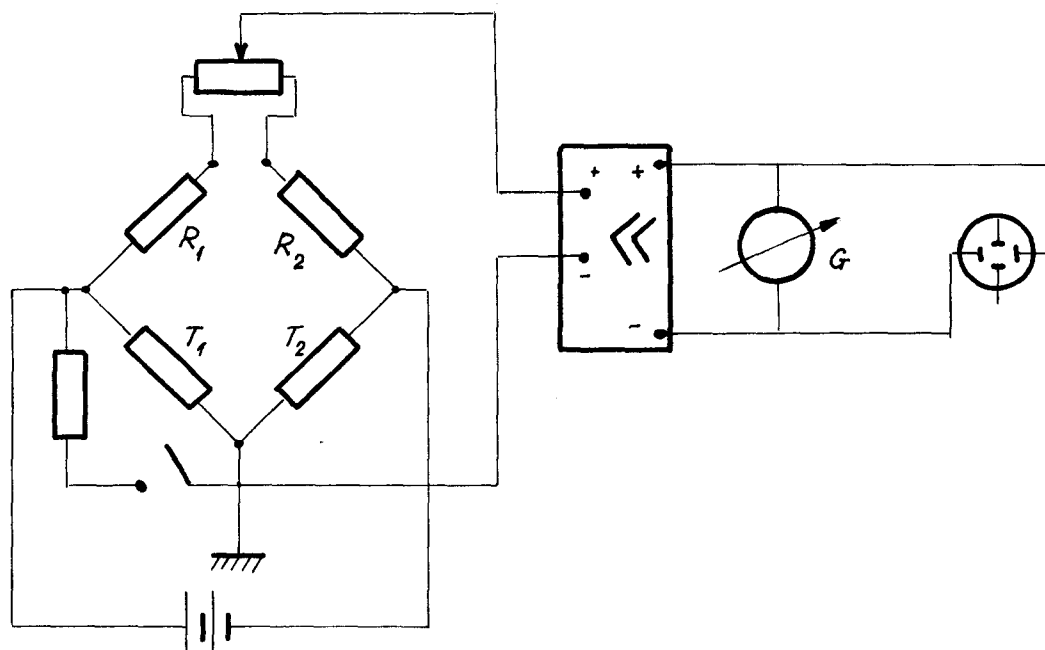
$$\frac{\Delta R}{R} = (\beta_z - \beta_d) k$$

a v další závislosti na teplotě bude celková relativní změna odporu $\frac{\Delta R}{R} = (\beta_z - \beta_d) k + \alpha$
 α ... teplotní součinitel odporu materiálu snímače.

Kompenzační snímač nutno připevnit na shodný materiál s materiálem měřeným, aby byla správně určena změna relativního odporu, daná uvedenou rovnicí. Druhým zdrojem teplotní odchylky může být elektromotorická síla, která vznikne při sváření /spájení/ snímače s vývody Cu.

Mimo toto vytváří ještě konstantan při spájení s Cu termoelektrickou sílu /13,2 V/1°C/. Toto se běžně odstraňuje tím, že spájená místa drátu pokládáme vedle sebe. Termoelektrická síla se vzájemně ruší.

Poněvadž velikost zatěžující síly je přímoúměrná prodloužení l , lze její velikost určit změněním změny odporu R . Velikost změny R se pohybuje při nízkých mechanických napětích řádově v tisícinách ohmu. Abychom takto malou veličinu mohli změřit, použijeme wheatstonova můstku, obr. 20.



obr.20

Je-li Wheatstonův můstek v rovnováze, pak platí:

"Na svorkách galvanometru není v tomto případě žádné napětí. Změní-li se odpor tensometrických pásek T_1 a T_2 o ΔR , poruší se rovnováha můstku a na svorkách galvanometru vznikne napětí."

Určení hodnoty $\frac{\Delta R}{R}$ se může provést dvojím způsobem:

1/ Metoda nulová

Určení se provádí potenciometrem, jehož stupnice je cejchována v $\frac{\Delta R}{R}$ /ručička galvanometru je na nule/.

2/ Metoda vychýlková

Rozvážení můstku, způsobené změnou odporu, nevyvažujeme potenciometrem, ale R určíme přímo podle výchylky galvanometru.

Citlivost tensometrického dynamometru bývá 10^{-5} až 10^{-6} .

Jeho setrvačnost je prakticky nulová. Tensometrický snímač se napájí z oscilátoru proudem vyšší frekvence /několik set až několik tisíc cyklů za vteřinu/ a napětím 0,1 až 15 V. Stridavý proud se volí s ohledem na snažší zesílení, na případnou filtraci poruch způsobených cizím elektromagnetickým polem a na univerzálnost použití pro statická měření i dynamická namáhání. Odpor snímačů bývá 100 až 600 ohmů. Nejběžněji se používá 120 ohmů. K vyloučení vlivu teploty na odpor snímače a tedy na výsledky měření zapojujeme snímače nejméně dva. Jeden jako měřicí, druhý jako kompenzační. Ten je nalepen na součást ze stejného materiálu a přibližně v téže tloušťce stěny jako zkoušená součást, avšak není zatížen. Oba tensometry potom podléhají stejné změně teploty a vliv změn obou odporů na vyvážení můstku se přitom ruší.

Přehled vlastností tensometru

Tensometr patří mezi univerzální snímače. V ideálním případě má tyto vlastnosti:

- 1/ velmi malé rozměry
- 2/ bezvýznamnou váhu
- 3/ možnost lehkého připevnění k sledované součásti
- 4/ vysokou citlivost k deformacím
- 5/ možnost reagování na statická a dynamická zatížení
- 6/ nízká cena
- 7/ možnost měření na velmi malé délce.

VŠST v Liberci	Cvčřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 34
<u>Požadavky na dynamometry</u> Při návrhu dynamometru musíme mít na zřeteli požadavky kladené na úroveň těchto měřicích přístrojů: 1/ přesnost 2/ požadovaná citlivost 3/ více měřicích rozsahů 4/ vyloučení vnějších vlivů 5/ lehká obsluha 6/ vyloučení vzájemného ovlivňování složek působících sil 7/ malé rozměry 8/ dostatečná tuhost 9/ malá setrvačnost celé měřicí soustavy 10/ lineární závislost výchylky na zatížení 11/ možnost současného záznamu všech složek síly Ze všech uvedených způsobů se zdá tensometrická metoda nejlepší. <u>Zhodnocení jednotlivých dynamometrů</u> Jak již bylo dříve uvedeno, je možno měřicí přístroje a metody dělit zhruba na mechanické a mechanicko-elektrické. S čistě mechanickými přístroji se snažíme vystačit v případě statického a hrubého namáhání. Jestliže požadujeme větší citlivost měření, musíme mechanické přístroje kombinovat s metodami elektrickými. Pro elektrické metody používáme velmi citlivých a přesných měřicích aparátů. Každá elektrická měřicí metoda má své výhody a nevýhody. Způsoby indukční a kapacitní mají nelineární charakteristiku, jsou choulostivé a obtížné se dají obsluhovat. Způsob piezoelektrický je dosti složitý. Nehodí se tedy pro statické zatěžování.			

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST-9	
		12. 12. 1964	
		List: 89	List: 35

Při složitých měřeních obecného namáhání, kdy je nutno použít několik principů současně, se používá pro každou metodu jiná zesilovací aparatura. Bylo snahou nalézt takovou metodu, která by splňovala tyto požadavky:

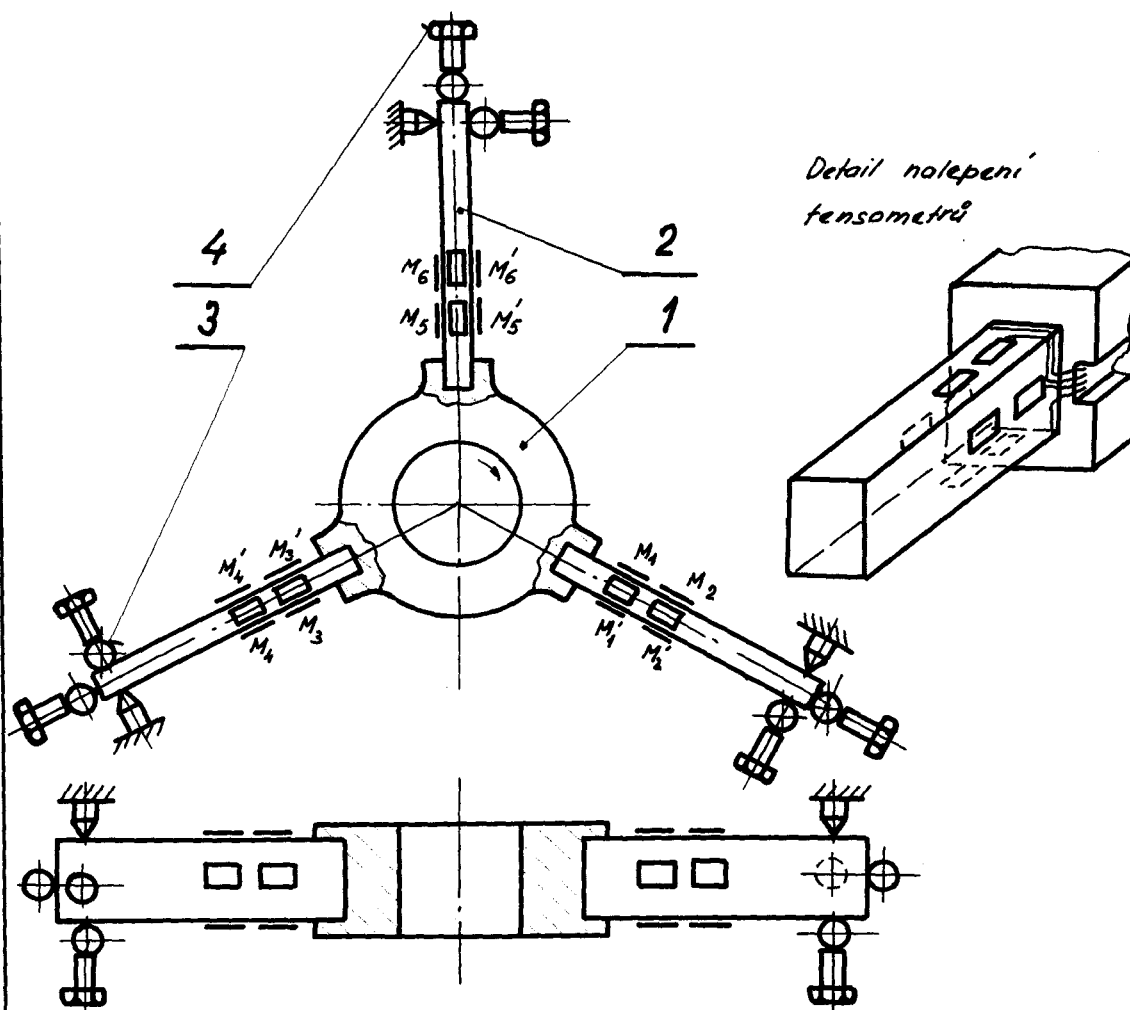
- 1/ možnost použití pro složité měření
- 2/ zaručená dostatečná citlivost
- 3/ měření bez fázového zpoždění.

Těmto požadavkům vyhovuje nejlépe tensometrická metoda, která je velmi jednoduchá a provozně spolehlivá. Této bylo použito i pro měření zatahovacího momentu.

Důvodem použití této metody bylo:

- 1/požadovaná citlivost
- 2/jednoduché měření
- 3/dostupnost.

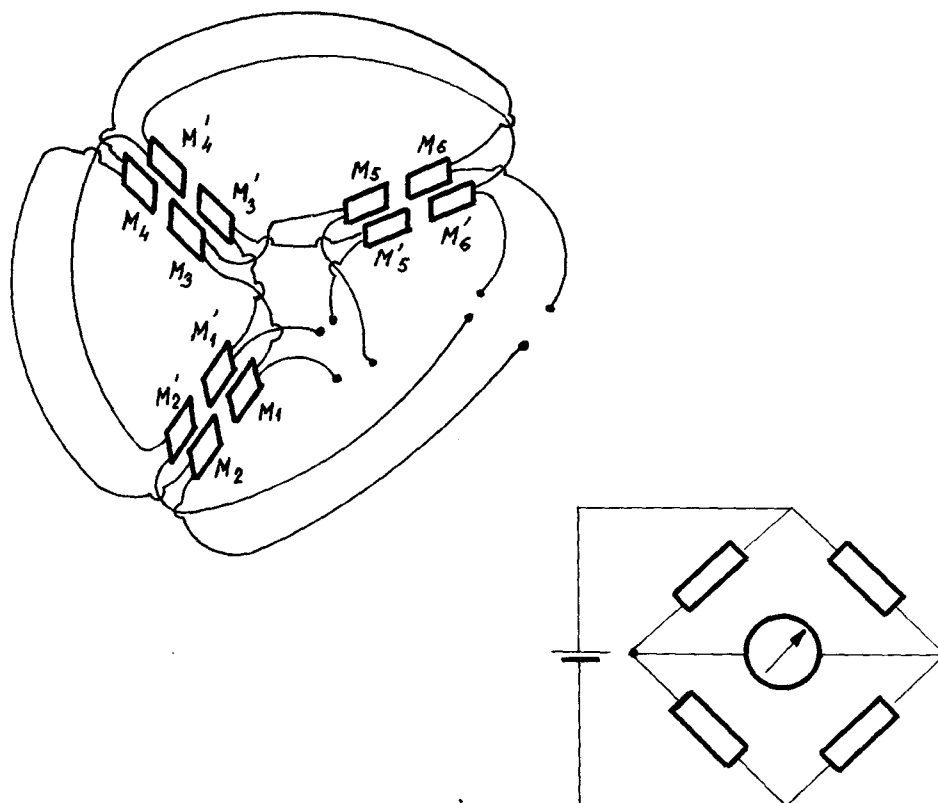
Bylo použito dynamometru tříložkového s možností měření momentu ve vodorovné rovině, určeného pro měření řezných sil, vzniklých při vrtání. Pro měření se použily pouze tensometry momentové složky. Dynamometr, sestavený dle Doc.ing. Drába, byl úspěšně použit při několika měřeních. Dynamometr je tříložkový a jeho rozsah je 0 - 340 kpm. Dynamometr lze upnout na běžné obráběcí stroje, aniž by se vyžadovalo jakékoliv jejich upravení. Provedení dynamometru je znázorněno na obr.21.



obr.21

Objímka 1, uzpůsobená pro připevnění namáhané součástky, je připevněna na třech rovných ramenech 2. Ramena jsou prostorově uložena na kuličkách 3, které jsou regulovány šrouby 4 tak, aby byla odstraněna vůle mezi ramenem a kuličkami. Na ramenech jsou nalepeny tensometry $P_1, P_2, \dots, P_6, P'_6$ a tensometry $M_1, M'_1 \dots M'_6$.

Snímače jsou propojeny za sebou dle obrázku. Propojením tensometrů s lichými indexy P_1, P_3, P_5 a P'_1, P'_3, P'_5 a tensometrů se sudými indexy $P_2, \dots, P_6$, obdržíme uzavřený Wheatstonův můstek, obr. 22.



obr.22

Dostačí-li nám poloviční citlivost dynamometru, stačí zapojit pouze řadu tensometrů s lichými indexy. Tím však nedostaneme uzavřený můstek a tensometrické soustavě musíme přidat přidavné odpory, abychom mohli provést měření.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12.12.1964	
		Listů: 89	List: 38

Pro snímání naměřených veličin bylo pou-
žito tensometrické aparatury TMS, která svými uvá-
děnými přednostmi vyhovuje pro měření momentů.
Použit byl pouze jediný kanál.

Tensometrická souprava TMT-03

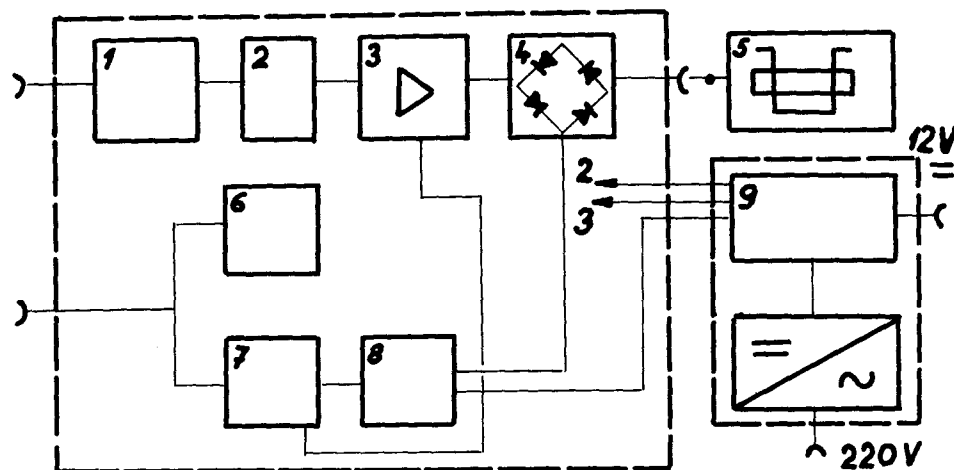
P o u ž i t í

Tensometrická souprava TMT-03 slouží k součas-
nému měření tří mechanických veličin, snímáných
odporovými drátkovými snímači /tensometry/,
induktivními snímači v zapojení můstkovém, nebo
jako diferenciální transformátory. Použijeme
tensometry a zapojení můstkového.

TMT-03 je určena především pro staticko-dynamic-
ká měření na pohyblivých objektech /vozidlech,
letadlech, atd/ a v terénu, kde se především
uplatní její malé rozměry, váha, necitlivost
na otřesy a hlavně nepatrná spotřeba. Je však
dobře možno ji použít ve zkušebnách, laborato-
rích a provozu.

P o p i s a f u n k c e

Souprava se skládá ze tří úplně samostatných
a nezávislých kanálů, zabudovaných do společné
skříně. Jejich napájení je provedeno přes spo-
lečný stabilizátor, který zajišťuje úplnou ne-
závislost údaje na kolísání napájecího napětí
v rozsahu 11,5 - 16 V, případně při síťovém
napájení 200 - 240 V . Celá elektronická část
je provedena technikou plošných spojů /tištěné
obvody/, což zaručuje vzdornost proti otřesům.
Blokové schéma přístroje je na obr. 23.



obr. 23

- 1 vyvažování
- 2 dělič
- 3 zesilovač
- 4 demodulátor
- 5 smyčka
- 6 ceych
- 7 výkonový stupeň
- 8 oscilátor 5 kHz
- 9 stabilizátor

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST-9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 40

Funkce jednotlivých kanálů

Oscilátor 5 kHz napájí přes výkonový stupeň vlastní tensometrický můstek. Výstupní napětí můstku je přivedeno k zesilovači přes vyvažovací obvody, kterými je možno vyvážit až 2 % základního rozdílu odporu tensometrů a kapacitní nerovnováhu do 500 pF. Pomocí tlačítek "cejch" a "0" je možno i za provozu a nevyváženém můstku vytvořit na záznamu cejch o velikosti nastaveného rozsahu. Velikost zesílení jednotlivých kanálů možno nastavit na stejnou hodnotu pomocí potenciometru, umístěného na panelu. Zesílený signál je demodulován v kruhovém demodulátoru a přiváděn na smyčku.

Technické údaje

Počet kanálů : 3

Mericí rozsahy na plnou výchylku 0,5; 1,25; 2,5; 5; smyčky pro jeden aktivní tensometr: 10; 25; 50 %

Použité snímače: Odporové tensometry 120-600Ω / v našem případě použijeme 120Ω /, indukční snímače v můstkovém zapojení / impedance napájené cívky minimálně 100 Ω /.

Nosná frekvence: 5 kHz ± 2 %

Napájecí napětí můstku : 4 - 7 V

Výstupní proud při jmen. rozvážení: ± 5 mA

Lineární rozsah výst. proudu : ± 9 mA

Max. výst. proud : ± 15 mA

Vnitřní odpor výstupu : 20 ohmů

Linearita : 1 %

Teplota okolí : 0 - 50 °C

VŠST v Liberci	Ověrovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 41
<u>Z v l a š t n í p r e d n o s t i</u> Nepatrná spotřeba. Nezávislost na síti. Nízká váha. Možnost připojení jak tensometrů, tak induktivních snímačů. Nezávislost na kolísání napájecího napětí. Možnost připojení poloviny úplného můstku. Vyvažovací obvody neovlivňují deformační citlivost tensometrů ani při 4 aktivních tensometrech.			

Postup práce

Měření navazovalo na dříve prováděná zkoumání mechanickými měřidly. Bylo použito šroubů M 10

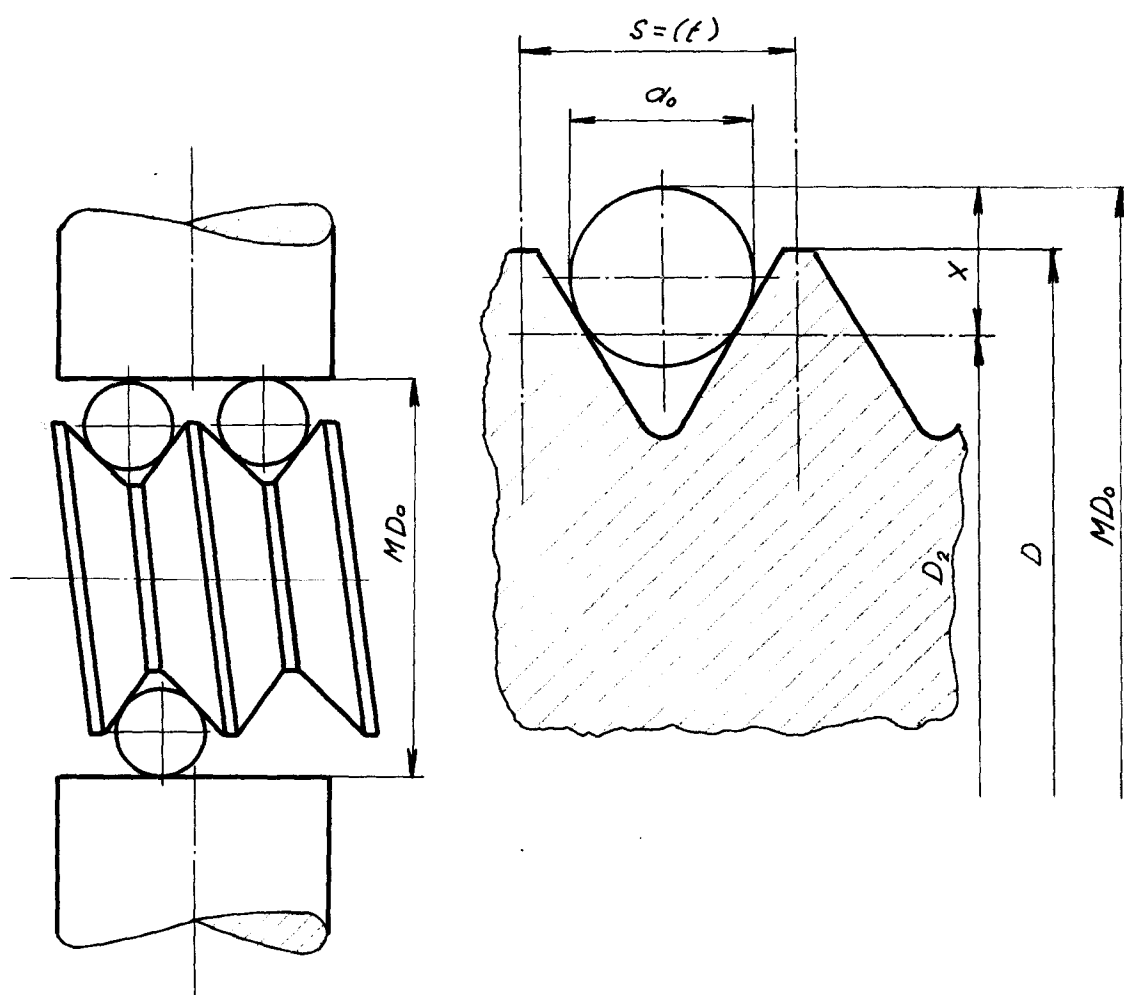
1/ s přesahem

2/ se změnou stoupání

a matice upravené z bloku motoru 1000 MB, které byly běžně dostupné v AZNP Mladá Boleslav. Způsoby měření závitu šroubu bylo prováděno: běžné měření přes drátky a pro měření závitu matic bylo použito speciálního měřidla AZNP Mladá Boleslav.

Měření přes drátky

Bylo prováděno pouze pro šrouby M 10 s normálním stoupáním /obr. 24/.



obr. 24

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB			DP - ST-9	
				12.12.1964	
				Listů: 89	List: 43

Velký průměr D	stoupání $s=t$	průměr drátky d_0	Rozměr přes drátky		$D_2 =$ $M_{D_0} - 2x$
			M_{D_0}	$2x$	
10	1,5	0,895	10,414	1,388	9,026

Měření středního průměru závitu matic

Měřidlo pro měření středního průměru je zobraze-
no na přiloženém výkrese V 1. Stoupání závitu
šroubu měřidla je rozdílné od stoupání závitu
měřené matice. Šroub lze do závitu volně našrou-
bovat až po určitou délku "L", ze které se pak
vhodným cejchováním určí velikost průměru D_2 .
Zašroubování měrky se provádí kroužkem 4. Krou-
tící moment se přenáší kuličkou 8, přitlačova-
nou pružinou 7 na pouzdro 5. Pouzdro je spoje-
no s měřícím trnem 1 kolíkem 9. Trn se zašrou-
bovává až do vymezení vůle, která je úměrná ve-
likosti $\varnothing D_2$ matice; při dotahování měřidla
se zatlačuje volně nasazené pouzdro 2 do objím-
ky 3. Na cejchované stupnici značené na pouzdru 2
odečítáme přímo toleranci středního průměru D_2 .

Byla změřena sada šroubů s přesahem a sada
se změnou stoupání. Z bloku motoru byly vyříznu-
ty matice pro otvor klíče 28, aby bylo umožněno
jejich připevnění do dynamometru. Byl vyroben
přípravný nástavek /výkres V 2/, který je při-
pevněn v dynamometru a do jeho výřezu šířky 28
se připevnily vyrobené matice. Uvedený dynamo-
metr byl připevněn na stůl vrtačky se stavitel-
ným otočným ramenem typu VR-4. Do vřetene vrtač-
ky byl připevněn přípravek pro zatahování šrou-
bu /výkres V 3/, který byl vyroben jako obdoba
zatahovací hlavy pneumatického utahováku použí-
vaného v praxi.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST. 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 44

Na stopce byl volně nasazen náboj se závitem M 10 BH 8. Tolerance osazení dříku a otvoru náboje umožňuje částečné vykyvování přípravku, čímž se vymezi nepřesnost uložení zkoušené matice. Přípravek je pojištěn střižným kolíkem Ø 4 z materiálu 11 600. Kolík zajišťuje aparaturu, aby nedošlo k porušení části měřidel.

Výpočet

Přenášený krouticí moment M_K

$$M_K = 71620 \frac{N}{n} \text{ kpcm}$$

Výkon motoru $N_m = 3 \text{ kW}$

Uvažované ztráty
v převodovce 20 %

Uvažovaný výkon $N = 2,2 \text{ kW} = 3 \text{ k}$

Otáčky vřetene $n = 250 \text{ n/min}$

$$M_K = 71620 \frac{3}{250} = 858 \text{ kpcm} \approx 8,6 \text{ kpm}$$

Na průměru 12 mm způsobuje moment M_K síla

$$T = \frac{M_K}{\frac{d}{2}} = 1430 \text{ kg}$$

Pro bezpečnost se zvolí maximální povolený moment 6 kpm, který uvedeným kolíkem budeme pojišťovat.

$$T = \frac{6 \cdot 600}{6} = 1100 \text{ kg}$$

V našem případě platí:

$$\tau_{dov} = \frac{T}{2 F} \Rightarrow F = \frac{T}{2 \tau_{dov}}$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad d = \sqrt{\frac{4 T}{2 \pi \cdot \tau_{dov}}} = \sqrt{\frac{2 T}{\pi \cdot \tau_{dov}}}$$

Dovolené namáhání ve smyku $\tau_{dov} = 0,6 - 0,8 \sigma_{dov}$

Dovolené namáhání v tahu $\sigma_{dov} = 60 \text{ kg/mm}^2$

$$\tau_{dov} = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ kg/mm}^2$$

$N = 3 \text{ k}$

$n = 250$

$M_K = 8,6$

$T = 1430$

$T = 1100$

$\tau_{dov} = 42$

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 45

$$d = \sqrt{\frac{2 \cdot 1100}{\pi \cdot 42}} = 4,1 \text{ mm} \dot{=} 4 \text{ mm}$$

d = 4

Pojistný kolík byl zvolen 4 mm a má zajišťovat krouticí moment 6 kpm. Srovnání se skutečností na obr. 47, kde došlo k přestřižení kolíku, zjišťujeme, že k této poruše došlo až při 7,2 kpm. Nižší vypočítaný moment vyšel proto, že byly voleny nízké hodnoty. Jelikož však moment, potřebný k přestřižení kolíku, je nižší než krouticí moment dosahovaný motorem, bude pojistka svou funkcí plnit.

Použitý dynamometr pracuje v rozsahu 0 - 300 kpm / jak bylo dříve již uvedeno/. Snímače dynamometru jsou propojeny za sebou a tvoří s tensometrickou soustavou měřící jednotku. Zesílené impulsy se promítají na obrazovku duoskopu RFT. Druhý záznam duoskopu byl využit pro značení časové základny. Obrátky vřetene byly 250 n/min, tj. 4,18 n/sec, proto byla volena pro časoměr frekvence 41,8 Hz. Frekvence se získala pomocí časové lupy /časového generátoru/ s volitelnou frekvencí.

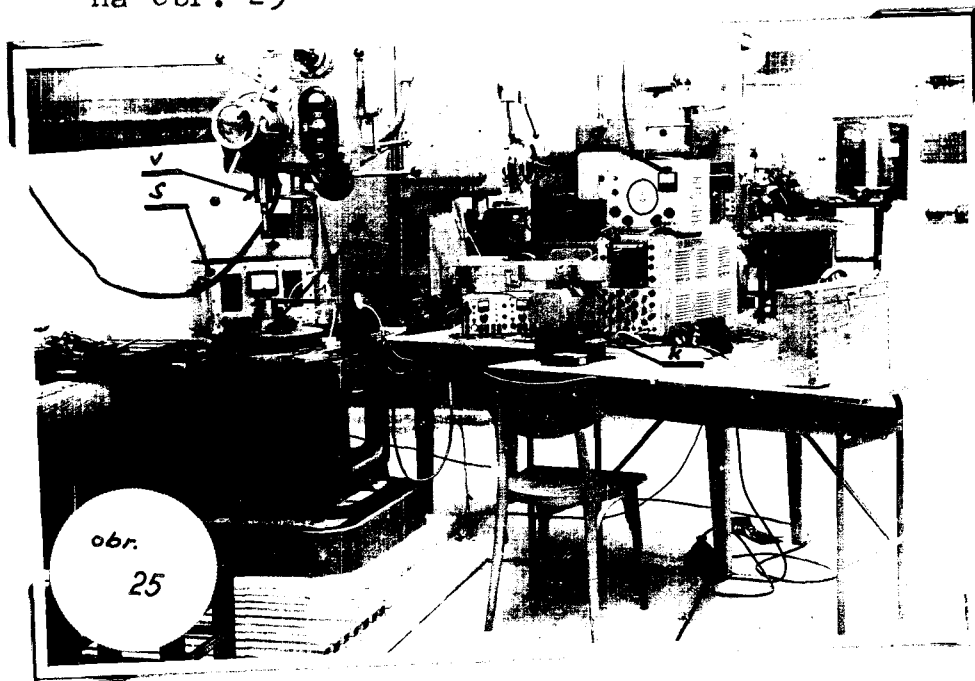
Otáčky byly voleny dle skutečných otáček zatahovacích hlav, používaných v praxi:

hlava Bosch velikost 8 - 12		330 n/min
vzduchová hlava		250 n/min.

Výpočtem se zjistilo, že obsluhu bude možno provést bez zapojení aparatury pro automatické zastavování. Celá operace bude trvat 3 vteřiny, což pracovník plně stačí obsloužit.

Obraz z duoskopu byl zachycován filmovou kamerou MEOPTA FKP s plynulým posuvem filmu. Jelikož měření probíhalo při běžném provozu dílny, bylo nutno použít stabilizátoru napětí. Přesto se však nedosáhlo uspokojujících výsledků, proto bylo měření prováděno po pracovní době, kdy všechny stroje byly vyřazeny z provozu.

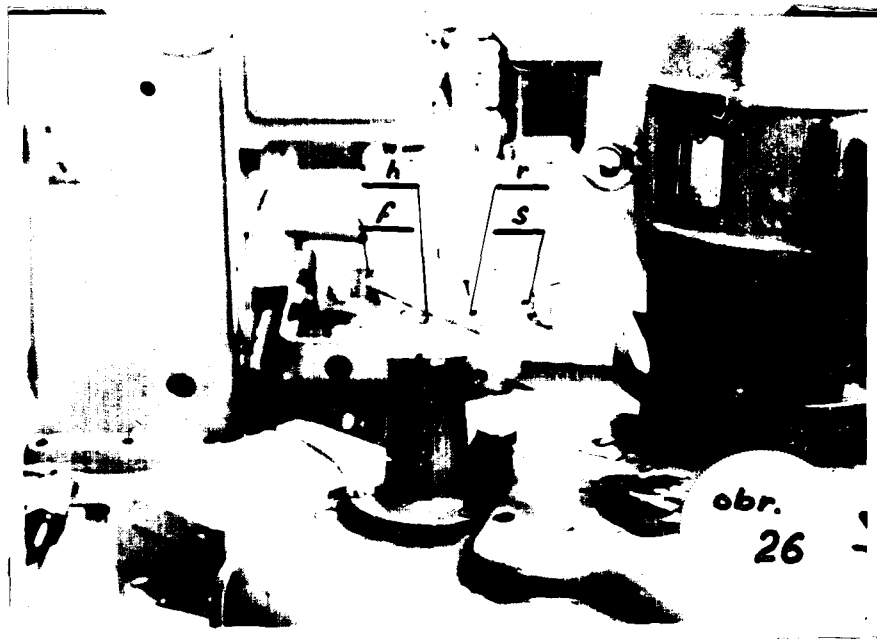
Uspořádání měřicí aparatury je zachyceno
na obr. 25



v ... vřeteno vrtačky s přípravkem
d ... dynamometr
t ... tensometrická souprava
o ... duoskop RFT
g. ... časový generátor
s ... stabilizátor
k ... filmová kamera

Zanesení otáček do záznamu bylo provedeno
zařízením, které navrhl zaměstnanec školy
s. Gahut. K výrobě snímáče otáček bylo použito
magnetofonového snímáče, který snímal impulsy
magnetického feritu, zasazeného do ramene, které
se otáčelo shodně s vřetenem. Snímací zařízení
je zobrazeno na obr. 26.

s ... magnetofonový snímáč
r ... nosné rameno
f ... ferit
h ... hřídelík spojený se vřetenem

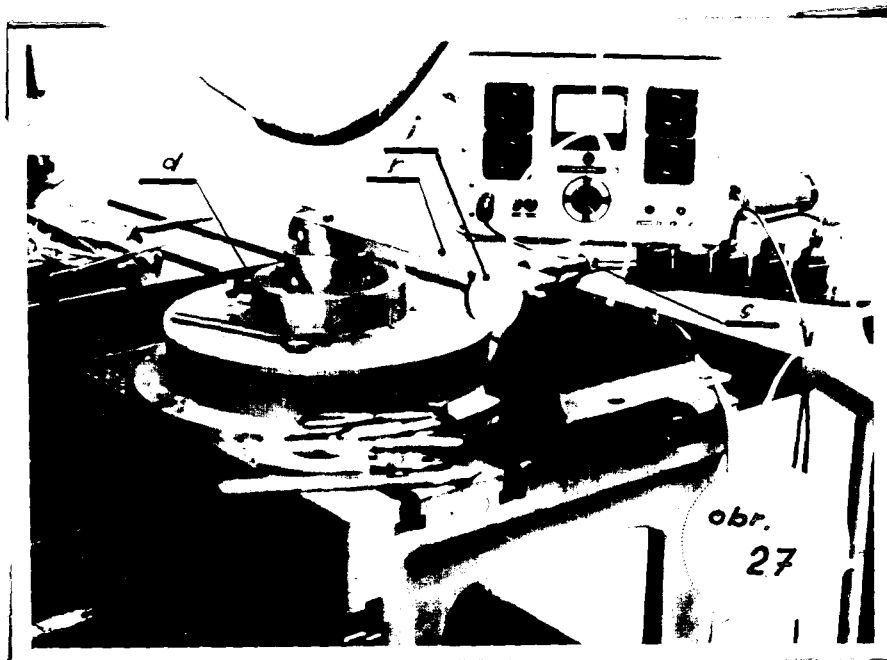


Záznam otáček byl prováděn dvojím způsobem:

- 1/ otáčky byly superponovány časové základně. Sledování otáček bylo dosti nejasné, momentový záznam byl však čistý.
- 2/ Otáčky byly superponovány momentovému záznamu. Takto provedený záznam zřetelně vytyčoval otáčky vřetene, ale byl porušen diagram momentu. Při prováděném měření byla jednotlivě pro každé zatahování šroubu do matice provedena synchronizace otáček s náběhem závitu.

Aby se umožnilo čtení zatěžujícího momentu na obrazovce osciloskopu, bylo nutné převést kpm na mm osc. Proto bylo provedeno cejchování dynamometry. Cejchovací rameno vychýlené o 1 mikrometr / 1 μm vyvinulo moment 6,78 kpcm na dynamometr. Vychýlení ramene se provádělo pomocí pevně zabudovaného šroubu. Velikost výchylky byla měřena indikátorem. Naměřené hodnoty vychýlení v μm se převáděly na mm osc, zaznamenávané výchylky na obrazovce osciloskopu, úměrné velikosti zatěžujícího momentu. Prováděné cejchování dynamometru je zobrazeno na obr.27.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST-9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 48



d ... dynamometr
 r ... cejchovací rameno
 i ... indikátor
 s ... zatěžující šroub

Cejchování bylo provedeno dvojí. Zvolené hodnoty mm osc pro šrouby s větším přesahem, byly pro malé přesahy nedostatečné. Proto druhé cejchování bylo provedeno pro dvojnásobné hodnoty.

1. cejchování

1 μm		6,78 kpcm
1,49 μm		10 kpcm = 0,1 kpm
14,9 μm		1 kpm
74,5 μm		5 kpm
(149 μm		10 kpm)

Při vynášení hodnot do grafu, sestrojeného jako závislost kpm - mm osc, se projevila nelinearita obrazovky osciloskopu, zaviněná vadou stínítka.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 100C MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 49

Lineární hodnoty jsou získávány pouze do 7,6 kpm, což vyhovuje, neboť v tomto rozsahu je měření prováděno.

μm	kpm	mm osc
178	12,00	52,0
125	8,32	45,0
114	7,60	42,5
100	6,66	37,5
74	5,00	28,5
50	3,33	19,0
0	0	0

Vynesení grafu kpm - mm osc - μm je na obr.28.

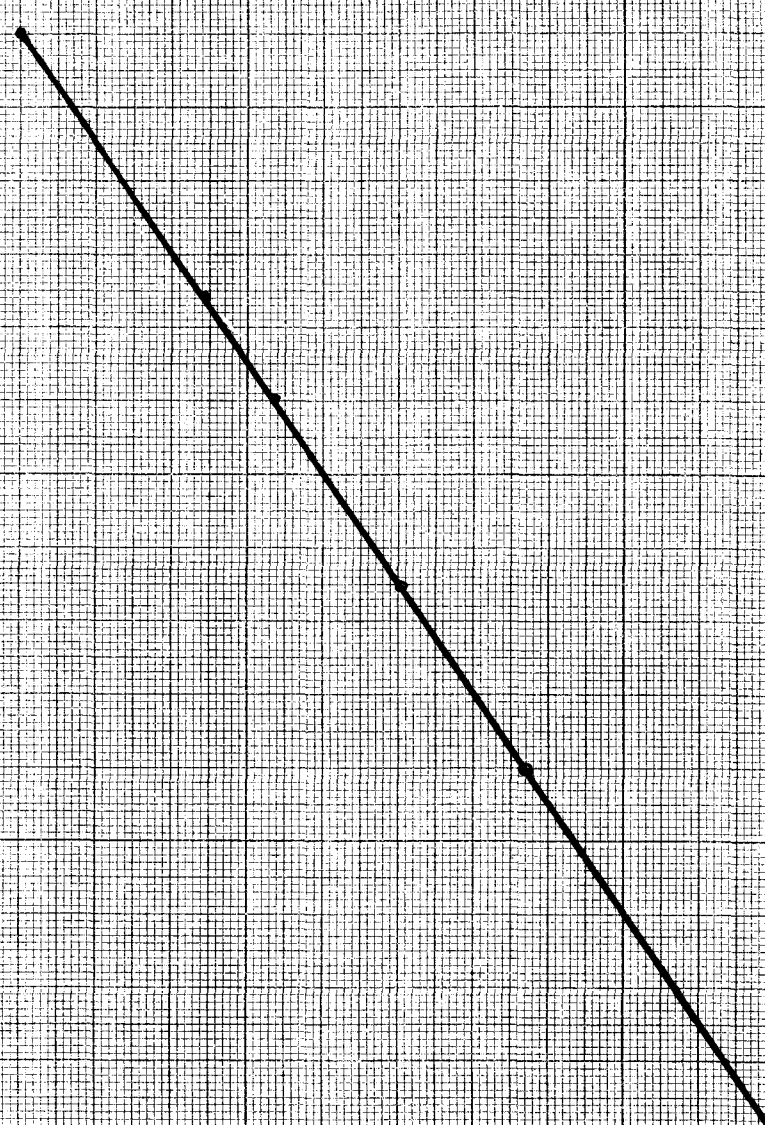
2. cejchování

μm	kpm	mm osc
74,0	5,0	34,0
67,5	4,5	30,0
60,0	4,0	27,5
52,5	3,5	23,0
45,0	3,0	19,0
37,5	2,5	17,0
30,0	2,0	12,5
22,5	1,5	10,0
15,0	1,0	7,5
7,4	0,5	3,5
0	0	0

Grafické znázornění závislosti μm - mm osc - kpm je na obr. 29. Filmový záznam 2. cejchu je na obr. 30.

↑
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
→ N/m

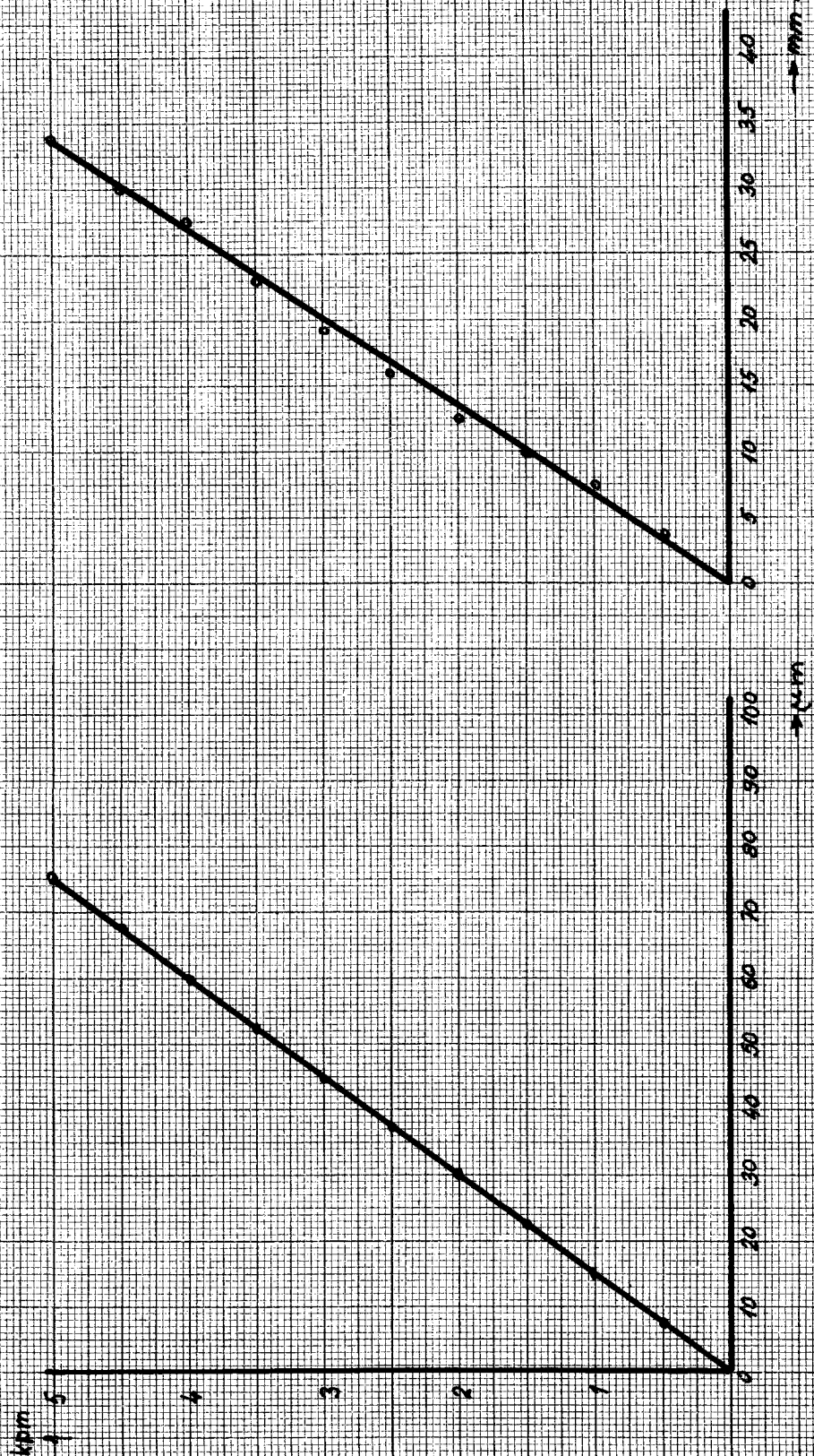


0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50
→ mm/sec



List 89 List 50

0 pr. 28



obr. 29

VŠST
v Liberci

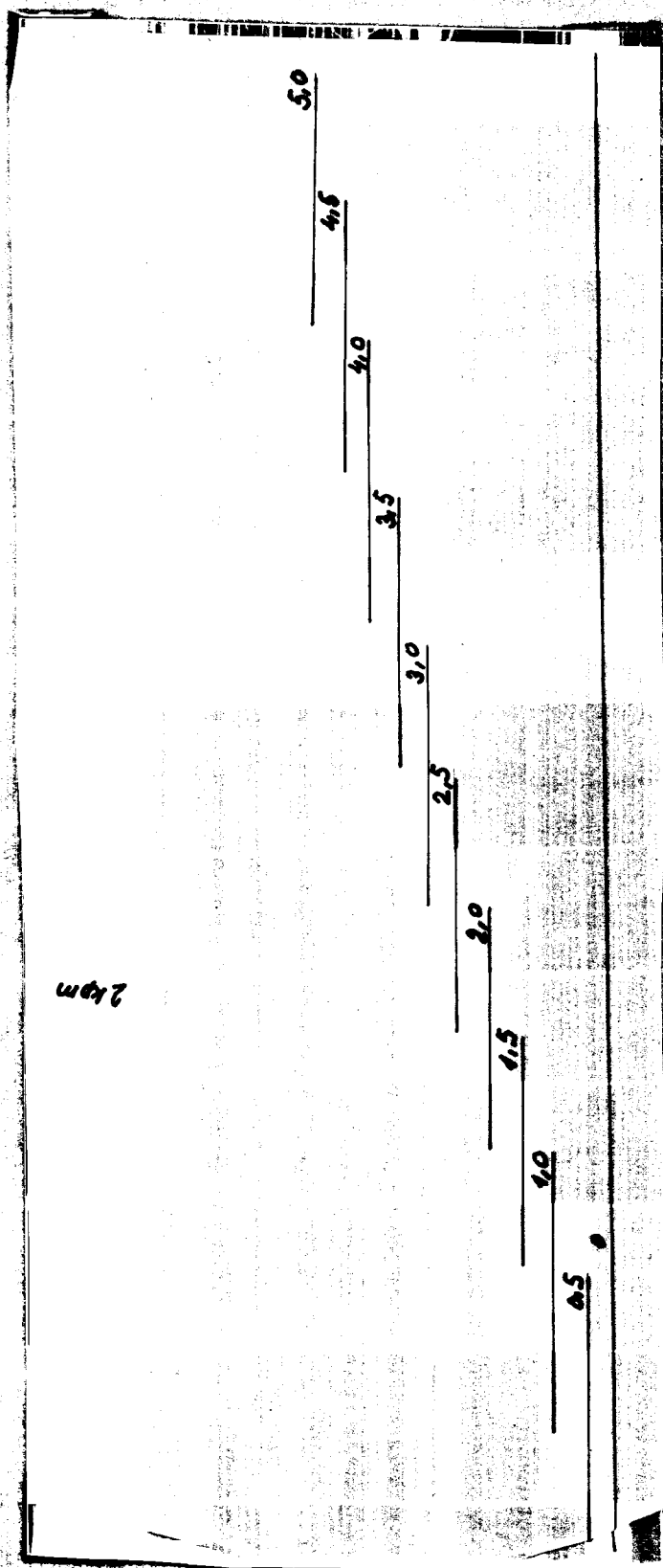
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST. 9

12. 12. 1964

Listo: 89

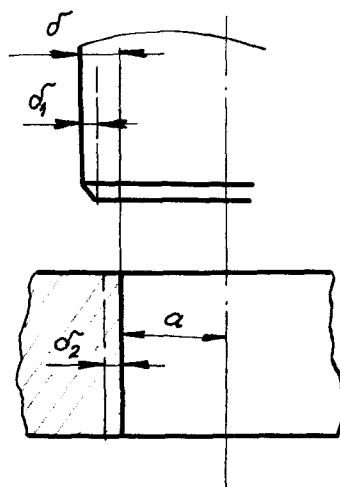
List: 20



obr. 30

Matematický výpočet velikosti momentu, potřebného
k zatažení šroubů s přesahem

Vychází se z předpokladu, že zatažení
šroubu s přesahem lze uvažovat jako naliso-
vání čepu s přesahem do ocelového kroužku,
obr. 31.



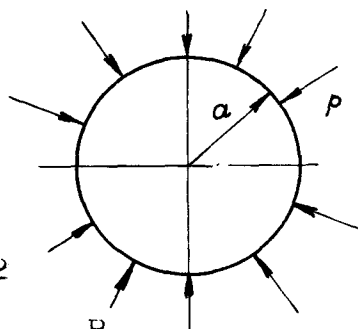
obr. 31

Deformační podmínka $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$

σ_1 stlačení čepu

σ_2 roztažení otvoru.

Deformace čepu - platí stejná teorie jako
pro tlustostěnnou nádobu, obr. 32.



obr. 32

$$\sigma_r = A - \frac{B}{r^2}$$

$$\sigma_t = A + \frac{B}{r^2}$$

A; B neznámé

Předpoklady : $r = 0 \dots \sigma_r = \sigma_t$

Z důvodu rotační sou-
měrnosti, ani jedno na-
pětí však není nekoneč-
ně veliké $\sigma_r \neq \infty$

$$\sigma_t \neq \infty$$

$$B = 0$$

$$A = -p$$

$$\sigma_r = -p$$

$$\sigma_t = -p$$

$$\varepsilon_t = \frac{\sigma_1}{a}$$

$$\sigma_1 = -a \cdot \varepsilon_{t1} \frac{a (\sigma_t - \mu_1 \sigma_r)}{E_1} = \frac{a}{E_1} p (1 + \mu_1)$$

Deformace otvoru

$$\sigma_r = A - \frac{B}{2}$$

$$\sigma_t = A + \frac{B}{2}$$

Předpoklady: $r = 0 \quad \sigma_r = -p$

$r = \infty \quad \sigma_t = 0$

$$\sigma_r = -\frac{pa^2}{r^2}$$

$$\sigma_t = +\frac{pa^2}{r^2}$$

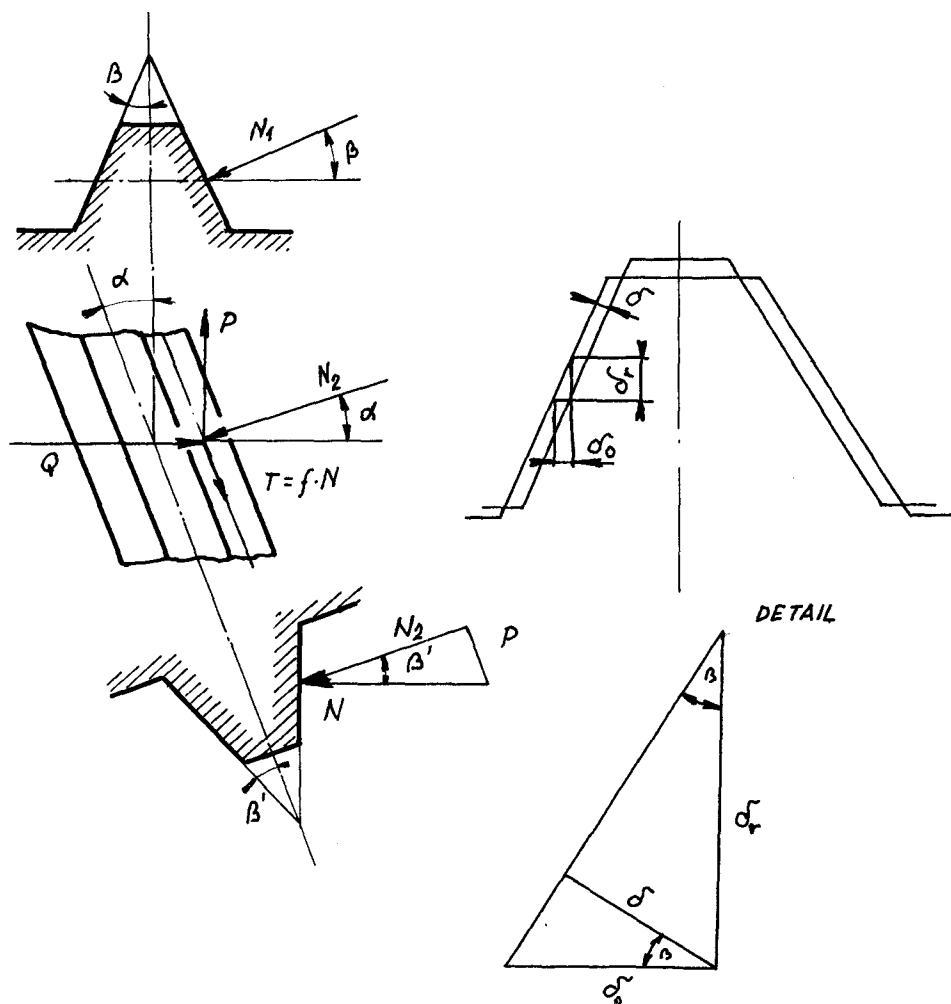
$$\sigma_2 = a \varepsilon_{t2} = \frac{a}{E_2} (\sigma_t - \mu_2 \sigma_r) = \frac{a}{E_2} \left(\frac{pa^2}{a^2} + \mu_2 \frac{pa^2}{a^2} \right) = \frac{a \cdot p (1 + \mu_2)}{E_2}$$

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = p \cdot a \left(\frac{1 - \mu_1}{E_1} + \frac{1 + \mu_2}{E_2} \right) = \frac{pa}{E_1 E_2} [E_2 (1 - \mu_1) + E_1 (1 + \mu_2)]$$

$$\text{z toho } p = \frac{\sigma \cdot E_1 \cdot E_2}{a [E_2 (1 - \mu_1) + E_1 (1 + \mu_2)]}$$

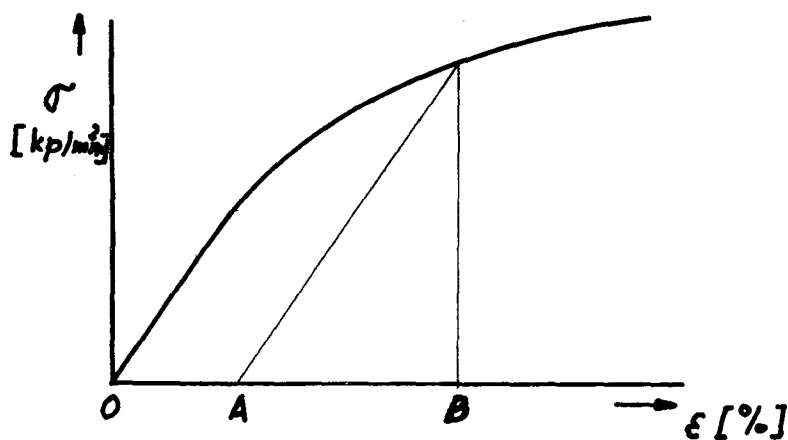
Tím byla získána závislost tleku "p" na přesahu
 $p = f(\delta)$.

Výpočet přesahu δ proveden z obr. 33.



obr.33

Vše počítáme za předpokladu, že platí zákon
o odlehčení plasticky deformovaného kovu, obr.34 [15]



obr.34

OB ... celková deformace
 OA ... pružná deformace
 AB ... plastická deformace

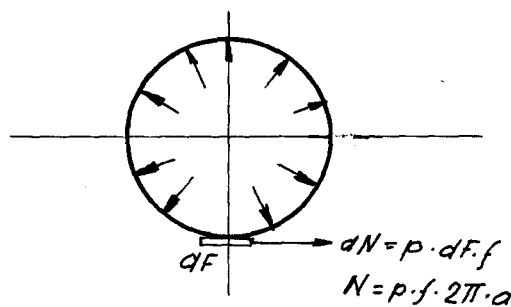
Zákon platí pro libovolný stupeň deformace,
 nenastalo-li během tváření zotavení nebo
 stárnutí. /15/

Pro usnadnění výpočtu byly provedeny před-
 poklady $\alpha = 0$ a tím $\beta = \beta' = 30^\circ$

σ_r ... přesah na středním průměru

$$\sigma = \sigma_r \cdot \sin \beta = 0,5 \cdot \sigma_r = \frac{\sigma_r}{2}$$

Je potřeba ještě získat závislost
 $p = f(M_K; f)$ /obr. 35/



obr.35

$M_K = N \cdot a \cdot h$ h ... hloubka zalisovaného
 čepu

$$M_K = p \cdot f \cdot 2\pi a^2 \cdot h = \frac{2\pi a^2 f \cdot h \cdot \sigma \cdot E_1 \cdot E_2}{a[E_2(1-\mu_1) + E_1(1+\mu_2)]}$$

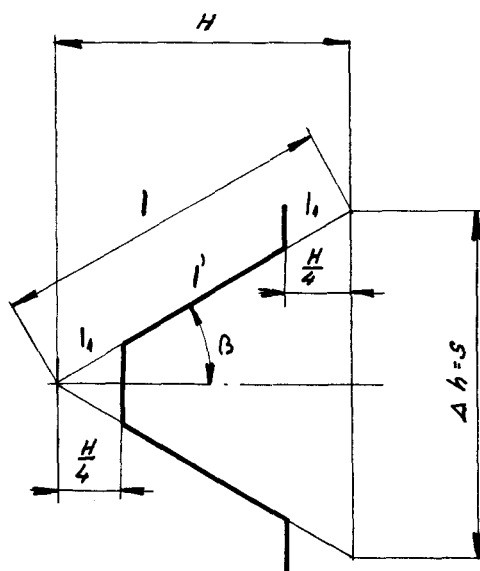
$$M_K = \frac{2\pi a f h \cdot \sigma \cdot E_1 \cdot E_2}{E_2(1-\mu_1) + E_1(1+\mu_2)}$$

Koeficient tření u závitových spojů je v roz-
 mezí 0,05 - 0,36 /12/, uvažujeme-li i nově za-
 vedené kovy a slitiny.

Pro spojení ocel - hliníková slitina při suchém tření je třeba zvolit $f = 0,15$.

Hloubku "h" je nutno určit jako redukovanou výšku napřímeného závitu.

Určení hloubky "h": - obr. 36



obr. 36

Nejdříve je třeba určit velikost H.

$$l = \frac{S/2}{\sin \beta} = \frac{H}{\cos \beta}$$

$$H = \frac{S/2}{\sin \beta} \cdot \cos \beta = \frac{0,75}{0,5} \cdot 0,866$$

$$H = 1,299 \approx 1,3$$

velikost "l" určíme:

$$l = \frac{H}{\cos \beta} = \frac{1,3}{0,866} = 1,5 \text{ mm}$$

$$l_1 = \frac{H}{4 \cdot \cos \beta} = \frac{1,3}{4 \cdot 0,866} = 0,38$$

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 58

$$l' = 1 - 2l_1 = 1,5 - 0,76 = 0,74 \text{ mm}$$

$$\Delta h_{\text{red}} = 2 l' = 1,48 \approx 1,5 \text{ mm}$$

$$h_{\text{red}} = 11 \cdot \Delta h_{\text{red}} = 16,5 \text{ mm}$$

$$h_{\text{red}} \approx 16,5$$

Moduly pružnosti v tahu jsou pro ocel

$$E_1 = 2,1 \cdot 10^4 \text{ kg/mm}^2$$

pro slitinu Al $E_2 = 0,76 \cdot 10^4 \text{ kg/mm}^2$

Poissonův poměr příčné kontrakce je

pro ocel $\mu_1 = 0,5$

pro houževnaté materiály $\mu_2 = 0,3$

pro poloměr "b" byl brán střední poloměr závitu.
Aby bylo možno kontrolovat jednotlivé případy, které byly měřeny, je třeba sestavit vzorec pro zatahovací moment jako součin konstanty a přesahu středního průměru $/ \sigma_r /$.

$$M_K = \frac{2 \pi a f h \frac{\sigma_r}{2} \cdot E_1 \cdot E_2}{E_2 (1 - \mu_1) + E_1 (1 + \mu_2)} =$$

$$= \frac{2 \pi \cdot 4,51 \cdot 0,15 \cdot 16,5 \cdot \frac{\sigma_r}{2} \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 0,76}{0,76 \cdot 10^4 \cdot (1 - 0,5) + 2,1 \cdot 10^4 \cdot (1 + 0,3)}$$

$$M_K = 179 \cdot \sigma_r \text{ [kpm]}$$

Při výpočtech budeme uvažovat $M_K = A \cdot \sigma_r$.

$$A = 179$$

$$A = 179$$

Uvedený výpočet nelze uvažovat jako směrodatný pro nízké přesahy, neboť při nulovém přesahu by výpočtově vycházel nulový zatahovací moment, což neodpovídá skutečnosti.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 100C MB	DP-ST-9	
		12. 12. 1964	
		Listo: 89	List: 59

1/ Šrouby s normálním stoupáním s přesahem
středního průměru

Byly použity matice s plusovou úchylkou středního průměru v toleranci SH 4 /povolená maximální úchylka + 56 μ m/ a šrouby různého přesahu.

Na obr. 37 je znázorněno zatahování šroubu v toleranci Sh 3 a s přesahem + 35 μ m do matice s uvolněním + 30 μ m. To znamená, že byl ve spojení mírný přesah.

K zašroubování bylo též potřeba minimálního zatahovacího momentu. Zajímavostí bylo, že při zpětném chodu stroje se spojení neuvolňovalo v unašeči, kde jsou voleny tolerance SH 8/ Sh 8, ale v matici, což znamená, že ve spojení šroubu s unašečem byl větší přesah. Jelikož v záznamu momentu se objevily slabé pulsace, byla uvolněná matice rozříznuta. Fotografie vnitřku závitu je na obr. 38. V 5., 6., a 7., závitu zleva jsou zřejmé částičky materiálu matice, které byly ze závitu vytrženy a znovu na jiném místě zatlačeny. Tato nečistota asi způsobila kolísání momentu. Po zatlačení materiálu se kolísání zmenšuje.

Jelikož při zatahování spoje bez přesahu by mělo dojít pouze k pružným deformacím, bylo na šroubu s přesahem + 30 μ m a matici s vůlí + 30 μ m provedeno dvojí utahování. Na obr. 39 je zanesen moment 1. zatahování a na obr. 40 opětné povolení. Opakované zatahování je na obr. 41. Zajímavé je, že došlo ke vzrůstu kroutícího momentu o 33 %.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 60

Po prošetření vnitřku matice byly zjištěny poruchy povrchu boku závitu.

Na obr.42 je zobrazena velikost momentu při opětném uvolnění uvedeného šroubu. Během jedné obrátky nastalo vlastní odtržení; během dalších šesti obrátek krouťicí moment pozvolna klesal a zbývajících pět chodů bylo vyšroubováno s téměř neměnitelným momentem.

Na obr. 43 je znázorněn diagram zatahovacího momentu šroubu s přesahem + 55 μ m /tj. horní hranice Sn 2/ a matice + 30 μ m. Zajímavé je, že moment proti zatahování šroubu bez přesahu nikterak markantně nevzrostl. Proto provedu porovnání případu s výpočtem:

$$M_K = A \cdot \sigma_r = 179 \cdot 0,0125 = 2,2 \text{ kpm},$$

což neodpovídá skutečnosti. Dá se usuzovat z obrázku, že přesah byl zaručen v matici pouze v pěti závitech.

Na obr. 44 je zachycen průběh zatahovacího momentu šroubu s extrémním přesahem + 92 μ m s maticí + 30 μ m. Spodní hranice odpovídá normě GOST a horní hranice je dle ČSN. Se vzrůstající hloubkou zašroubování vznikla pulsující změna krouťicího momentu, odpovídající přesně frekvenci otáček.

Na obr. 45 je řez zkoumaným závitem. Řez byl vybroušen na diamantovém brusu. Při opracování plochy dochází k poruše mezer sledovaného závitu.

Je možno mezery závitů upravit, což by však ovlivňovalo posuzování. Proto je lepší sledovat řez bez úpravy a s eventuelními poruchami obrazce počítat.

U sledovaného závitů je v řezu zřejmé, že šroub v matici je vyosen. Na obrázku jsou levé horní závity s vůlí. Vůle je zřejmá i u závitů v pravé dolní části obrázku, i když je menší. Na zvětšeném obrázku 46 jsou poslední spodní závity / 9., 10., 11.,/. Je zde zřejmá uvedená vůle. Osa šroubu a osa matice byly zřejmě nepatrně odkloněny při zatahování. Zkoumáním náběhu kužele šroubu se zjistilo, že je nepřesně vyroben. Tím bylo způsobeno, že první závity byly narušeny a třísky z matice byly zataženy do závitů, kde byly zatlačeny. To způsobilo odklon šroubu, který se s postupným zatahováním více odkláněl a narušoval dále matici. Odřezaný materiál byl natlačován do mezer tvořících vůli, která se odkloněním stále zvětšovala.

Na obr. 47 je znázorněn graf zatahovacího momentu šroubu s přesahem + 70 μ m do matice s tolerancí + 30 μ m. Bylo provedeno zatahování až do výběhu. Došlo k ustřižení pojistného kolíku přípravku. Na grafu je možné sledovat dvojnásobné stoupnutí momentu po dobu dvě a půl obrátky. Z obrázku lze možno provést vyhodnocení výpočtu střižného kolíku přípravku.

Uvedené zatahování do výběhu je doporučováno normou DIN.

Na obr. 48 je možné sledovat průběh momentu při povolování. Unašeč byl na šroubu pojištěn kontramaticí. Při zatěžování však k povolání nedošlo. Byl překonán odpor kontramatice, ta byla v závitě deformována a šroub se opět uvolnil v unašeči. Dá se usuzovat, že došlo ve zkoušeném spojení k zadření.

Na obr. 49 je řez uvedeným spojením. Závitové spojení nevykazuje boční vůle. Závit matice však nevykazuje ani předepsanou vůli horního průměru, což je patrné i z detailu prvního, druhého a třetího závitu, obr. 50. Předpokládané zadření však šroub nevykazuje. Z detailního obrázku by se dalo usuzovat, že uvedený přesah je nejvhodnější pro uvedené materiály šroubů a matic.

Při závitovém spojení s přesahem se počítá s pružnou deformací materiálu. Proto se doposud v normách nezvětšovala tolerance horních průměrů závitů. Pro usnadnění názornosti byl nakreslen zvětšený šroub /SKIZZA 1/ a zvětšený závit matice /SKIZZA 2/. Příložením výkresů přes sebe můžeme provést vyhodnocení přesahu. Vůle v horních závitech je opravdu malá. Z doposud uvedených obrázků závitů vidíme, že nedochází k pružné deformaci a tím se nezaručí vůle horních průměrů závitů.

Na obr. 46 bylo zjištěno, že materiál matice byl odříznut a natlačen do mezer. K poruše povrchu závitu dochází zřejmě při každém zatahování šroubu s přesahem do uvedeného materiálu. Potvrzuje to i záznam na obr. 39 a 41, kde podle nulového přesahu mělo dojít k pružným deformacím, ale při druhém zatahování však moment vzrostl.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST-9	
		12. 12. 1964	
		List: 89	List: 63

Aby bylo možno posoudit možnost mechanického porušení povrchu závitu matice, byla rozříznuta matice ještě nepoužitá. Pohled na profil závitu je na obr. 51. Dá se tvrdit, že povrch závitu vykazuje částečné nepřesnosti, které mohou způsobit zachycení materiálu zatahovaným šroubem.

Sestavíme-li ze získaných hodnot diagram, obdržíme závislost zatahovacího momentu na přesahu. Diagram je na obr. 52 a na obr. 53 je pro srovnání diagram dřívějších měření, prováděných jednoduchými ručními měřidly.

2/ Šrouby s vůlí se změnou stoupání závitu

Jedná se o šrouby, jejichž úchylka **ve** stoupání je - 0,015 mm/l závit. Střední průměr závitu šroubu je v toleranci

+ 25 μm
- 57 μm.

Šrouby byly vyrobeny válcováním z průměru Ø 9 h 7. Tím se stalo, že velký průměr závitu byl v toleranci Ø 10 $\begin{matrix} + 0,0 \\ - 0,3 \end{matrix}$.

postup měření šroubů a matic zůstává stejný jak u měření závitu spojení s přesahem. Rozdíl je pouze v míře přes drátky, která změnou stoupání vzroste na $M_{D0} = 10,427$ mm. Byla provedena měření pro různé tolerance středního průměru šroubu.

Na obr. 54 je zobrazen průběh zatahovacího momentu šroubu s úchylkou - 47 μm do matice s tolerancí + 40 μm. Velikost zatahovacího momentu je 1 kpm. Dle zatahovacího momentu se dá spoj porovnávat se šrouby bez vůle a bez přesahu, které vykazují jen pružnou deformaci.

VŠST v Liberci	Cvčřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 64

Proto byl šroub vyšroubován /obr.55/ a opět-
ně zašroubován /obr.56/. Moment nevykazoval
téměř žádný vzrůst, byl proto šroub zajištěn
v unašeči a provedeno měření opětného vyšrou-
bování /obr.57/. Moment byl téměř nulový.
Proces byl ještě dvakrát opakován.Ke zvýšení
zatahovacího momentu došlo až při najetí
do výběhu /obr.58 a 59/. Po vyjmutí matice
z přípravku byl šroub našroubován rukou bez
klíče do profilu matice.

Řez tímto spojením je na obr. 60. Mezi jed-
notlivými závity šroubu a matice je nepatr-
ná vůle, která vznikla zřejmě vyříznutím ma-
teriálu matice a tím se spoj zřejmě uvolnil.
Byl vybrán jiný spoj se stejným přesahem
/šroub - 47 μ m, matice + 40 μ m/ a zatahová-
ní bylo opakováno. Bylo však použito oleje,
jako maziva. Záznam zatahovacího momentu
nevykazoval podstatné změny /obr.61/.Řez
spojem /obr.62/ však jasně ukazuje, jak do-
chází k odřezávání materiálu matice. Jasně
je uvedený fakt zřejmý z prvních závitů, je-
jichž detail je na obr.63. Z uvedených ob-
rázků možno konstatovat, že ve spoji nedochá-
zí k plastické ani pružné deformaci, ale
k porušení závitu matice.

Byly nalezeny ještě další šrouby a matice
pro stejný přesah a prováděly se zkoušky
při natření šroubu hermetikem, při deformaci
šroubu a při nečistotě v matici. Za zmínku
stojí případ s nečistotou v matici.Při zata-
hování v tomto případě moment merkantně stou-
pl, obr. 64. Řez spojením ukazuje důvod.
Vložená tříška do závitu matice způsobila
posunutí šroubu mimo závit a šroub si doslo-
va vyřezal vlastní nový závit, obr. 65.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 65

Na obr. 66 je detail střední části spoje, kde je vidět deformovaný závit matice. Uříznutá část byla přechována za závit šroubu. Na obr. 67 je detail začátku šroubu, který právě odřízl část materiálu matice, třísku ohýbá a přechuje pod hlavu. Tento případ je pouze uveden jako zajímavost měření, neboť v současné praxi jsou čistící metody závitu již tak dokonalé, že se nedá předpokládat možnost výskytu jakékoliv nečistoty v matici. K této deformaci by mohlo dojít jedině při demontáži a opětné montáži laikem.

Dále byly provedeny záznamy momentu pro jednotlivé tolerance šroubu.

obr. 68 ... šroub - 7 μ m
matice + 50 μ m
tolerance 57 μ m
velikost zatahova-
cího momentu 1,4 kpm

obr. 69 ... šroub + 3 μ m
matice + 45 μ m
tolerance 42 μ m
zatahovací moment 1,6 kpm

Při povolování utahovací hlavy se šroub povolil v matici, nikoliv v unašeči. Proto bylo provedeno opětné utahování, obr. 70. Moment byl opět mizivý, stoupl až u posledního závitu, kdy bylo zřejmé zatahováno do pokračování závitu, který nebyl prvním utahováním zasažen.

obr. 71 ... šroub + 3 μ m
matice + 10 μ m
tolerance 7 μ m
velikost momentu 2 kpm .

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška Pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 66
Pro velikost momentu byla vzata hodnota před najetím do výběhu, kdy velikost momentu dvojnásobně stoupala. Pro posouzení vlivu změny stoupání byl nakreslen zvětšený šroub /skizza 3/, který můžeme překrytím výkresu matice /skizza 2/ dokonale posoudit. Pro vyhodnocení velikosti vůle mezi středním průměrem šroubu a středním průměrem matice v závislosti na zatahovacím momentu byl sestrojen diagram, zobrazený na obr.72.			

Z á v ě r

Hodnotíme-li zkoušené závitové spoje, musíme konstatovat, že oba způsoby vykazují značné množství nedostatků:

- 1/ Nedostatek šroubů s přesahem v toleranci Sn 3, zatahovaných do matic SH 6 /SH6 je voleno výrobcí pro snazší výrobnost závitu matice. Jinak je nutno uvažovat vždy SH 4./ je ten, že při eventuelní vůli, která při tomto uložení může nastat, klesne zatahovací moment pod hodnotu 0,5 kpm, což je nevyhovující. U šroubů se změnou stoupání neklesne hodnota momentu pod 1,0 kpm /porovnání obrázků 52 a 72/. Nutno však poznamenat, že ani moment 1,0 kpm není dostačující pro zaručené pevné spojení. Chceme-li dosáhnout plánované hranice momentu 2 kpm, nutno počítat s eventuelním zatažením do výběhu. Oproti tomu šrouby s přesahem Sn 3 vykazují maximální zatahovací moment 5,5 kpm, který je dosti vysoký při použití pneumatické utahovací hlavy.
- 2/ Výhoda šroubů s rozdílným stoupáním proti šroubům s přesahem je počáteční vůle, která umožňuje snadné našroubování těchto šroubů do prvních závitů matice.
- 3/ Nevýhoda obou způsobů je odřezávání materiálu. Při zatahování šroubů s přesahem vykazují matice částečnou pružnou deformaci, která při zatahování šroubů s rozdílným stoupáním vůbec nenastane. Odřezávání materiálu matice v tomto případě úplně znehodnocuje závit a odbourává možnost vyměnitelnosti.

- 4/ Z technologického hlediska obtížnosti výroby šroubu lze pokládat oba způsoby jako rovnocenné, neboť oba se mohou vyrobit válcováním.
- 5/ Vybavení strojového parku je pro výrobu šroubů se změnou stoupání potřeba větší. Je nutno uvažovat s výrobou zvláštních válcovacích kotoučů s odlišným stoupáním a úpravou brusky: a/ buď vybavením korekčního zařízení
b/ či úpravou převodu mezi vřetenem a vodícím šroubem.
- 6/ Poškozením závitu matice při použití šroubu se změnou stoupání, je odbourána možnost vyměnitelnosti. Ačkoliv blok motoru 1000 MB je řešen tak, že v žádném případě není nutné vyšroubovávat uvedené šrouby, je nutno počítat s možností zavedení šroubů s rozdílným stoupáním v jiných případech, kde by demontáž znamenala znehodnocení celé součástky.
- 7/ Nevýhoda pro malospotřebitele je při použití šroubů se změnou stoupání ta, že není schopen si nechat běžně vyrobit v opravně uvedený šroub, a tak je plně odkázán jen na získání originálních dílů. Nehledě k tomu, že malospotřebitel bývá obvykle laik, který nebude zkoumat závrtný šroub a použije běžný z řady.

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 69
Nakonec je nutné podotknout, že provedená měření byla sice prováděna na 40ti kusech vzorků , ale že shodných přesahů či vůlí bylo pro jednotlivé případy málo. Je nutné provést ještě řadu měření se stejnými rozměry, která by potvrdila správnost nejen naměřených hodnot, ale i postupu z hlediska statistické přesnosti. Je potřeba ještě provést zkoušku při dynamickém namáhání. Zatěžovat šroubové spojení pulsujícím tahem při frekvenci cca 3 Hz / sec. Uvedená zkouška nebyla pro nedostatek času provedena. Ve zkouškách se změnou stoupání šroubu by bylo vhodné pokračovat. Bylo by třeba prozkoumat různé velikosti stoupání závitu a hlavně jiné materiály. Dá se předpokládat, že problémy vzniklé při použití matice ze slitiny Al budou podstatně jiné pro matici příkladně ocelovou. Toto zkoumání pevných závitových spojů se ubírá nesporně jiným směrem, než závitové spojení s přesahem. Jeho zkoumání může objevit úplně jinou cestu řešení těchto spojů, technologicky nenáročnou a plně vyhovující. Při sestavování norem je nutno zvolit takové spojení, které by vyhovovalo v co nejširší míře, bez ohledu na potíže. Všem se nám jedná o spokojenost zákazníka, o dobré jméno tovární značky a hlavně o dobrý zvuk československých výrobků ve světě.			

V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

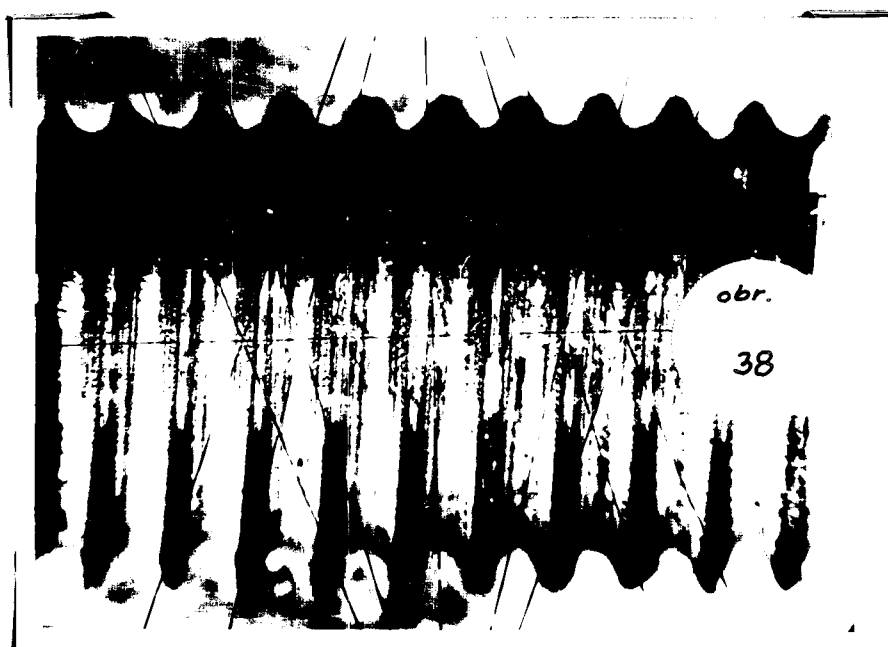
List 70

2 kpm

2

1

0



V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 71

obr.

39

obr.

40

V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 72

max

br.

41

br.

42

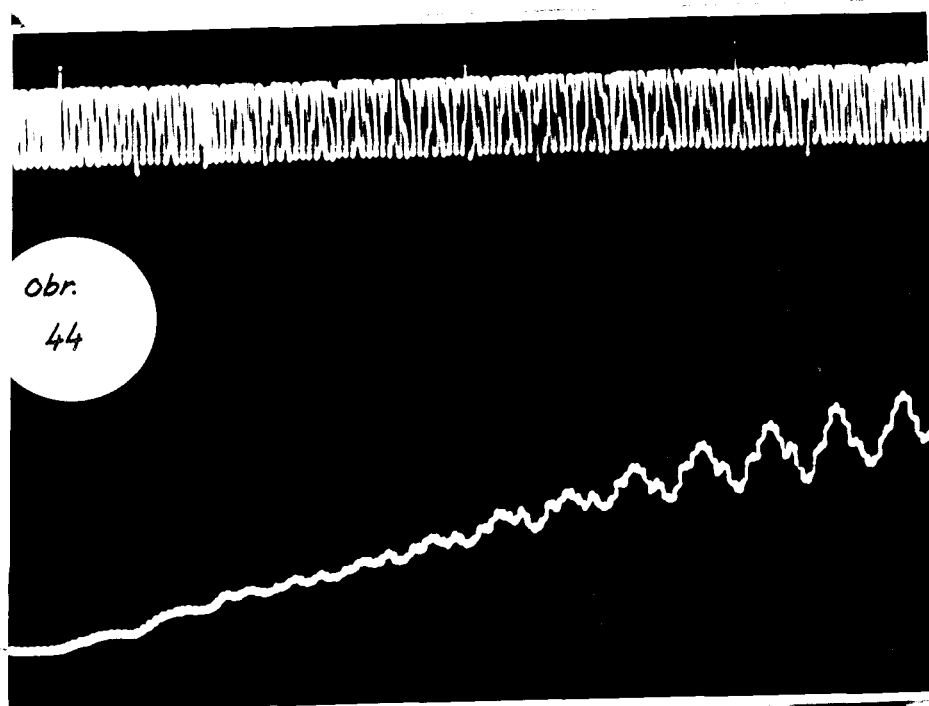
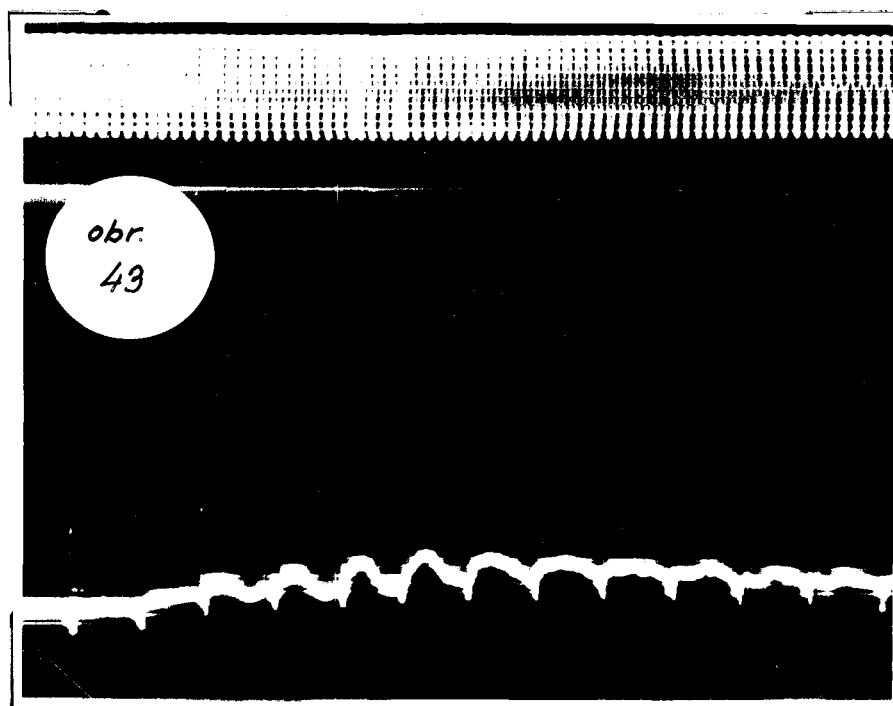
V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

List 89 List 73



max

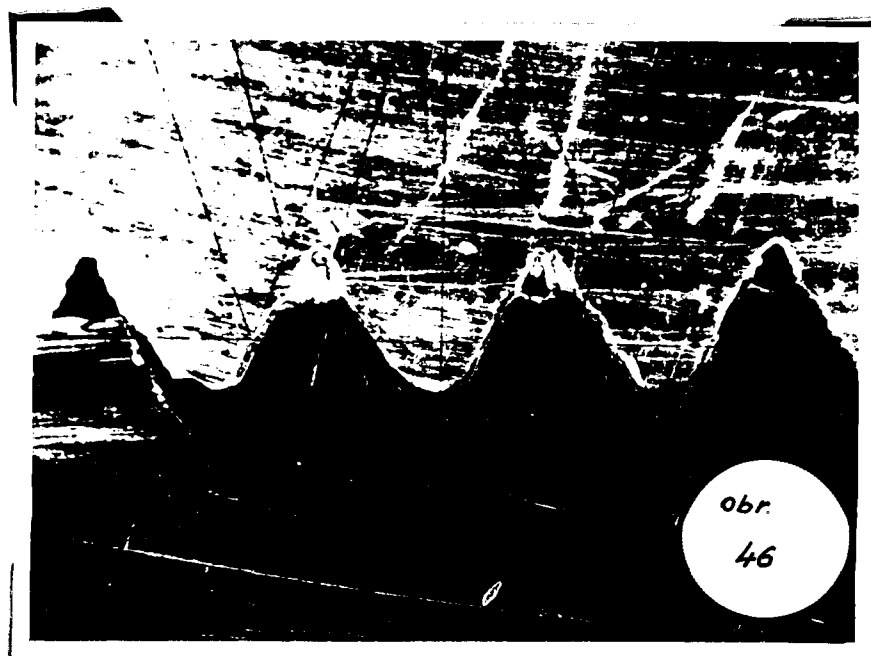
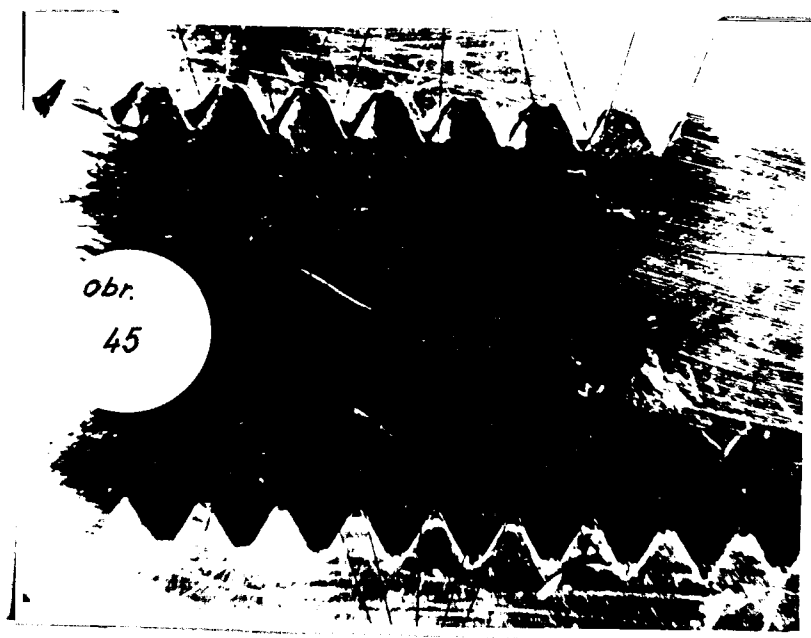
V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89 List 74



V Š S T
v Liberci

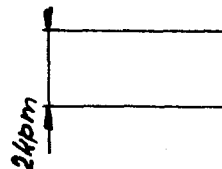
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

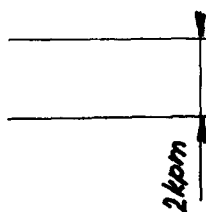
12.12.1964

Listů 89

List 75



	8
	7
	6
	5
	4
	3
	2
	1
	0



	0
	-1
	-2
	-3
	-4
	-5
	-6
	-7

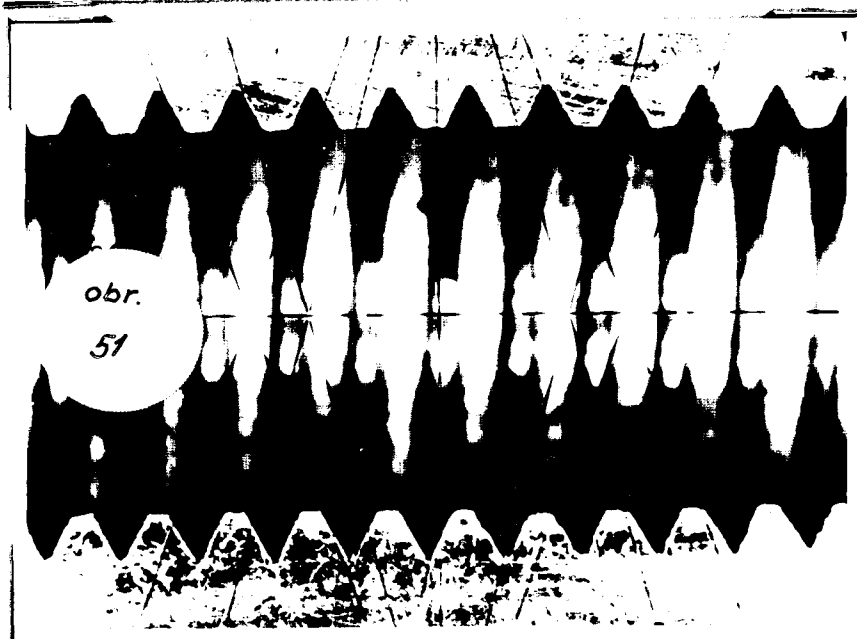
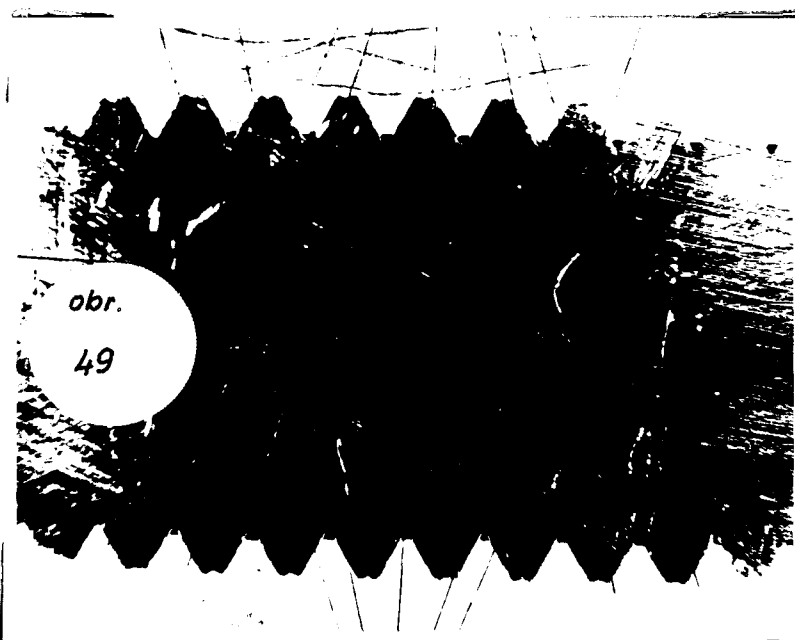
V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89 List 76



V Š S T
v Liberci

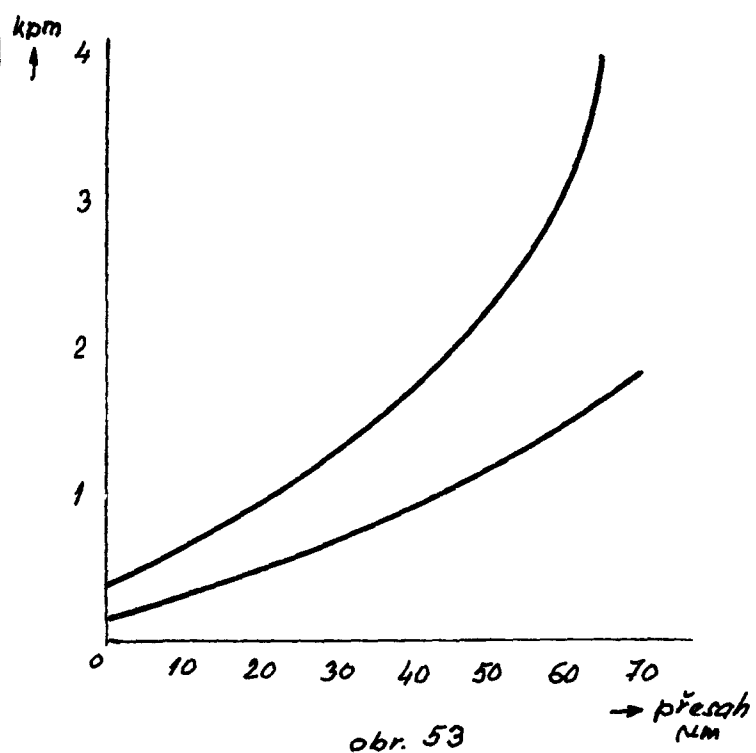
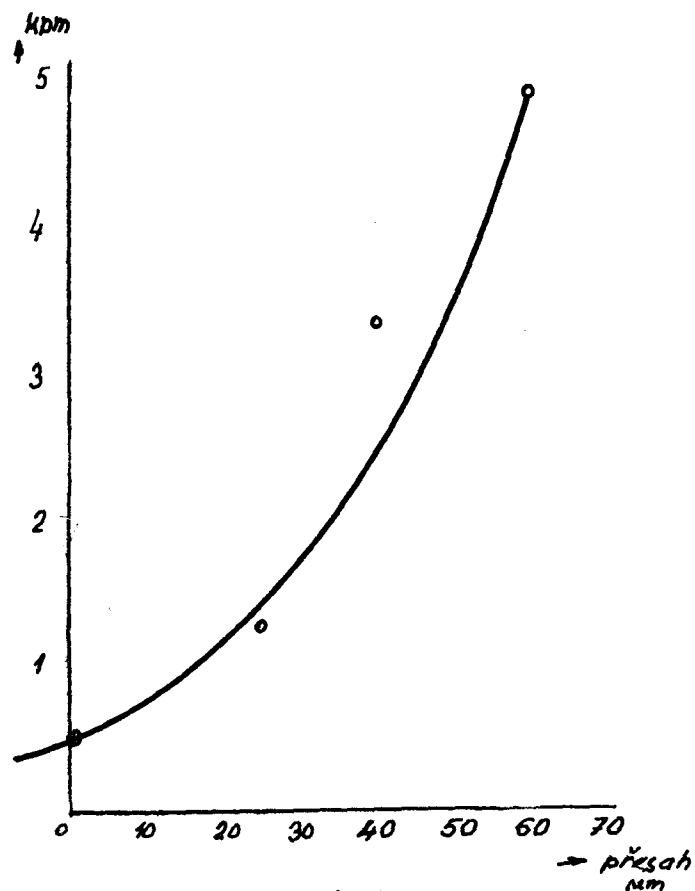
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 77



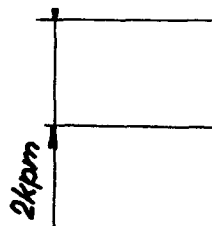
V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

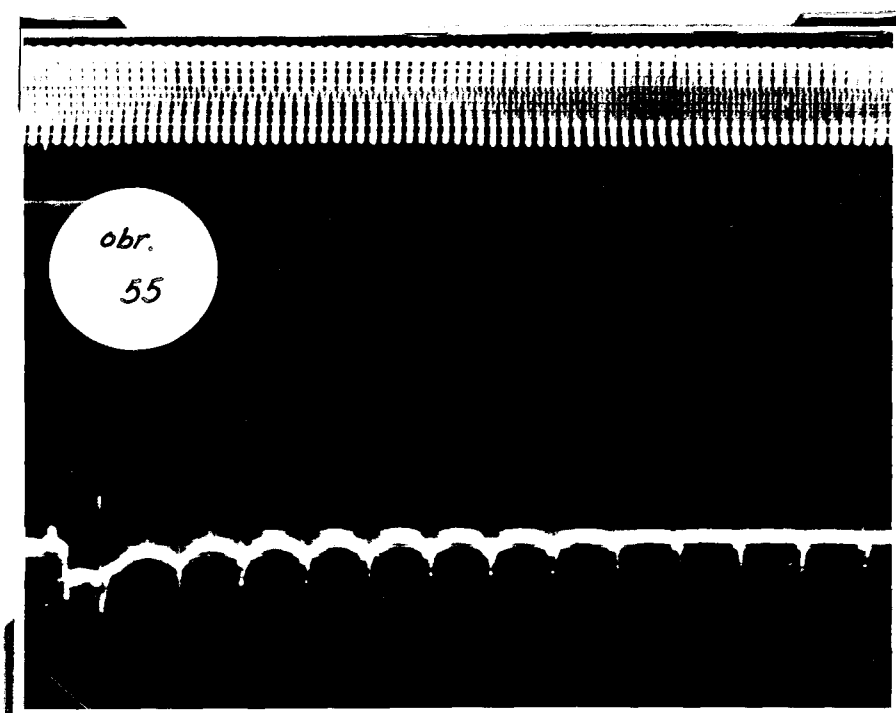
12.12.1964

Listů 89 | List 78



1

0



V Š S T
v Liberci

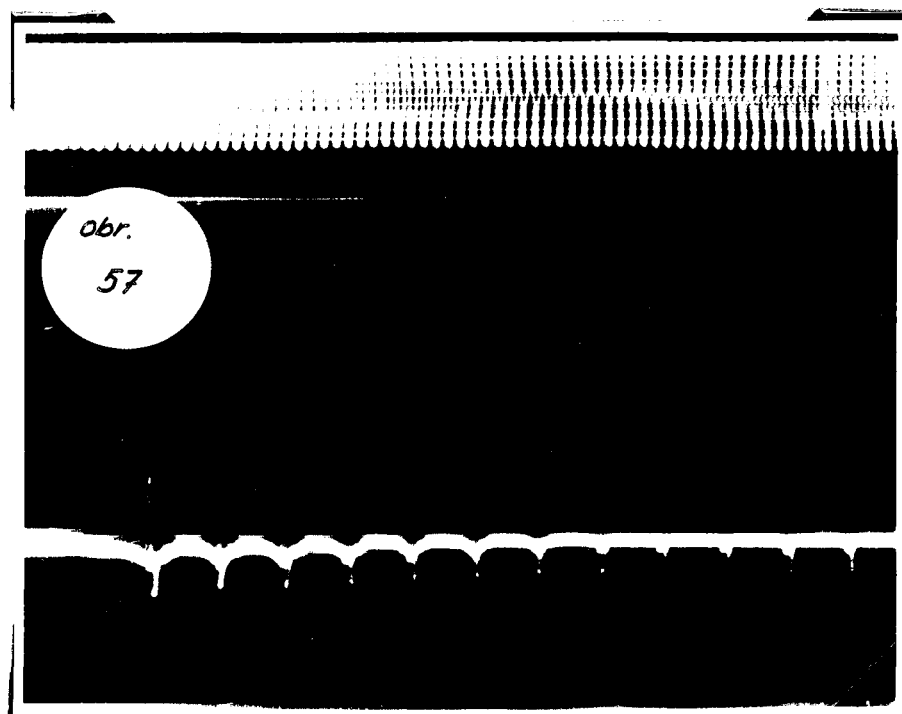
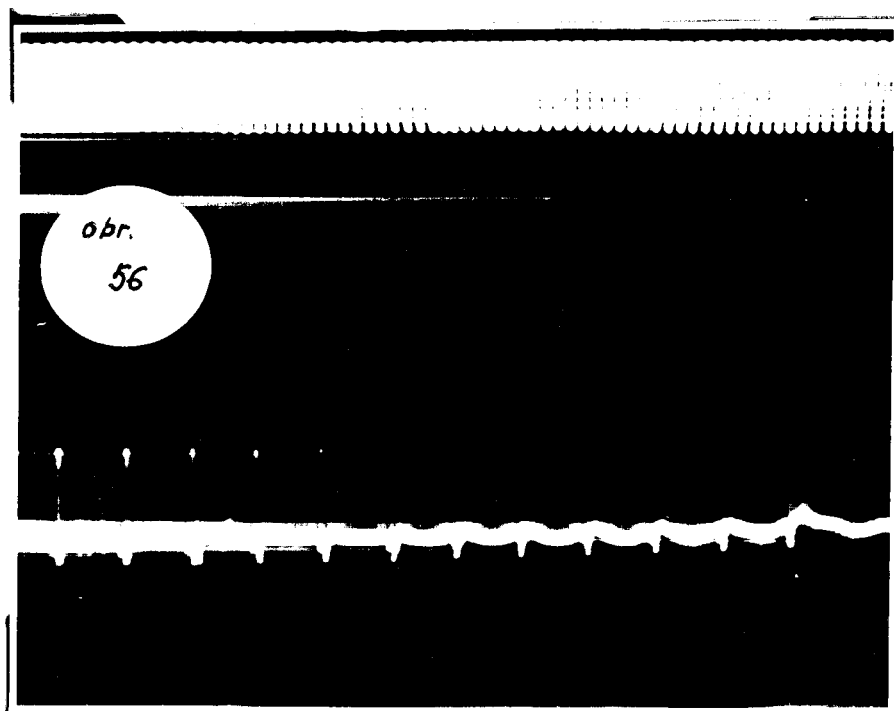
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB.

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 79



V Š S T
v Liberci

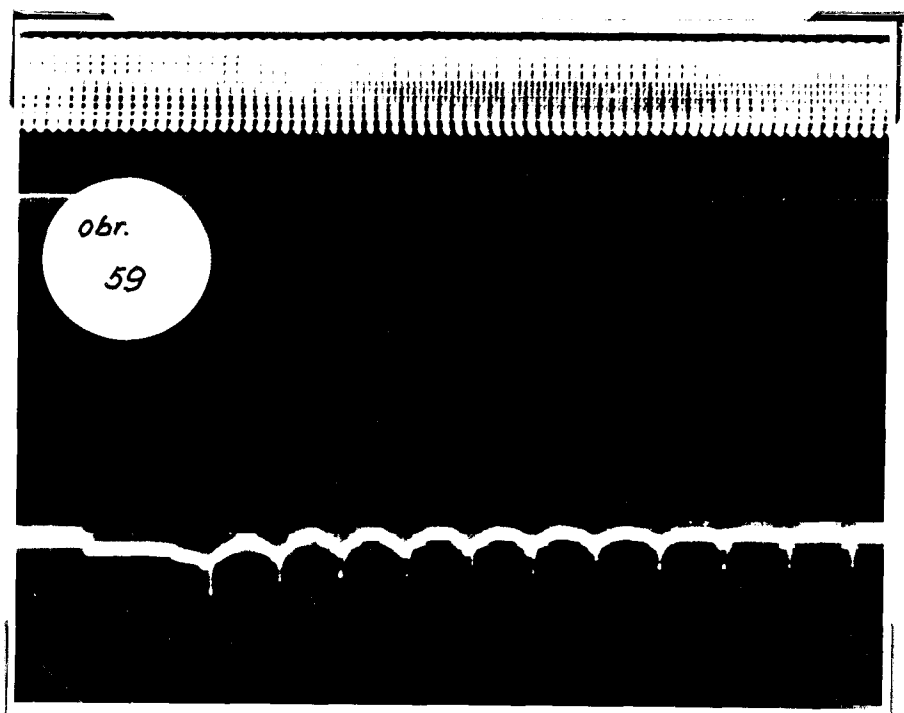
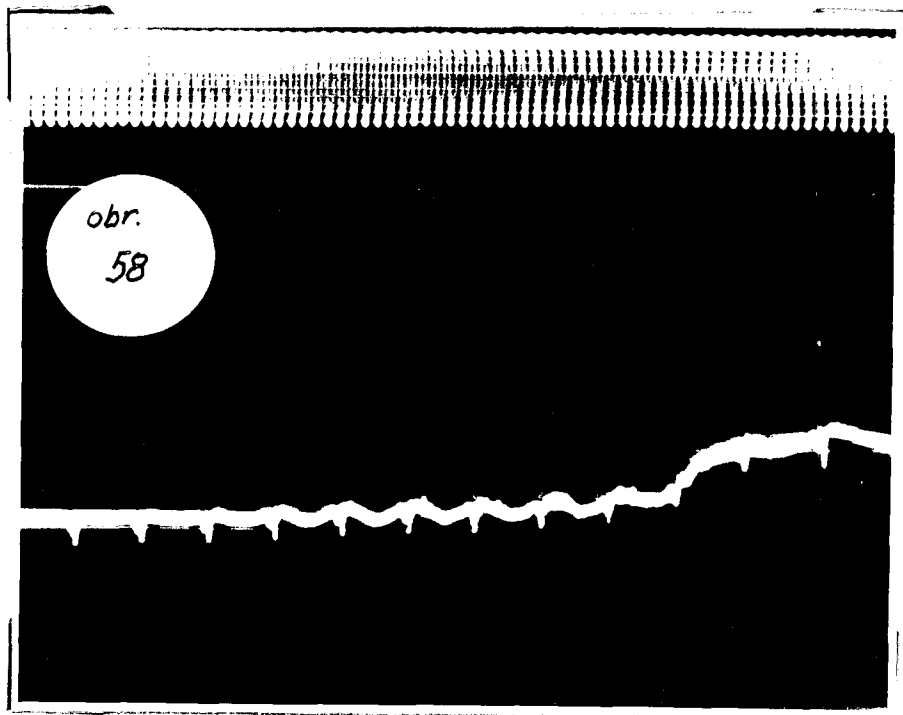
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 80



V Š S T
v Liberci

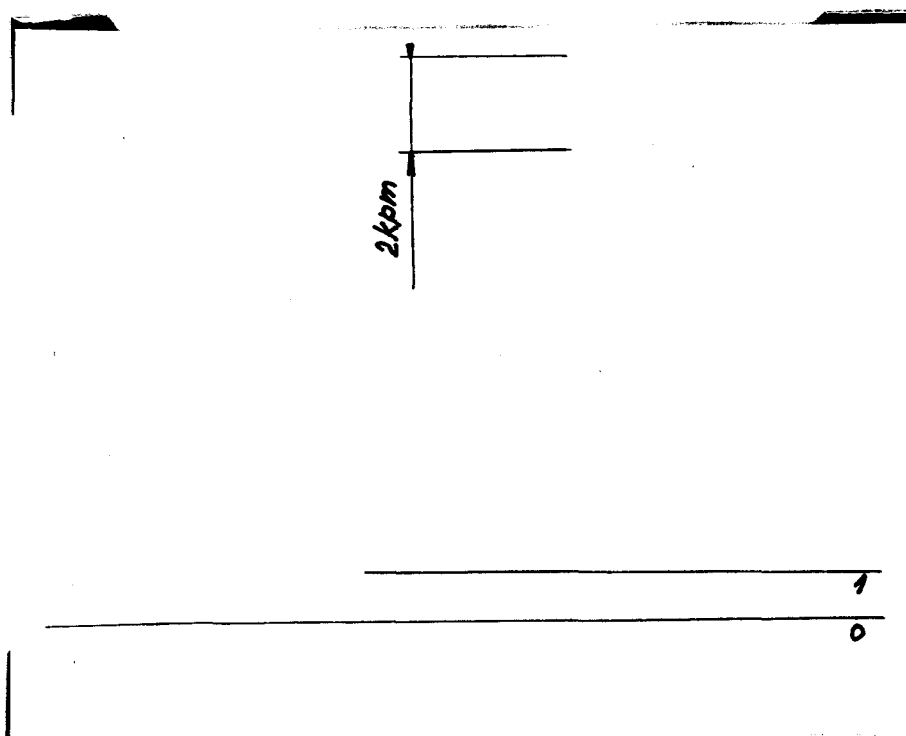
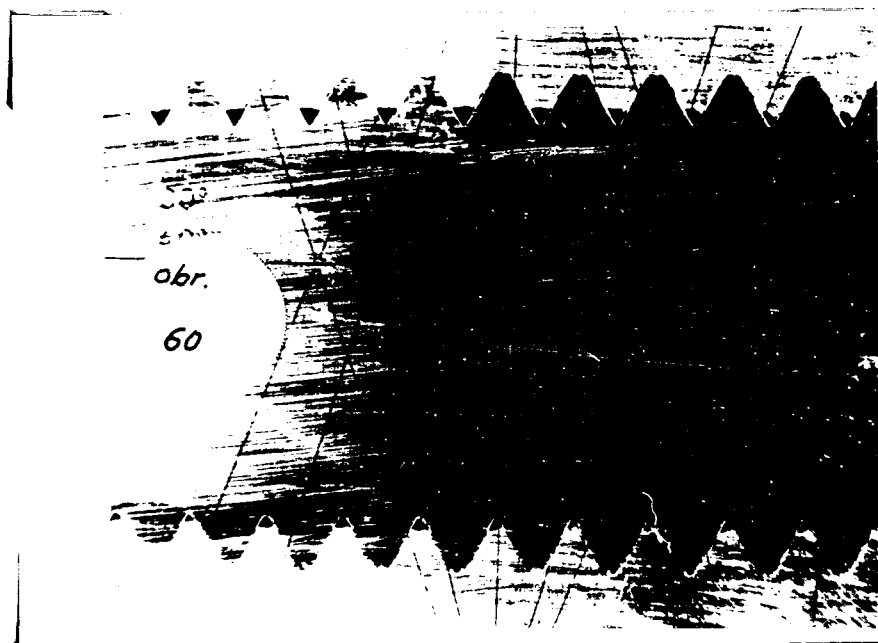
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 81



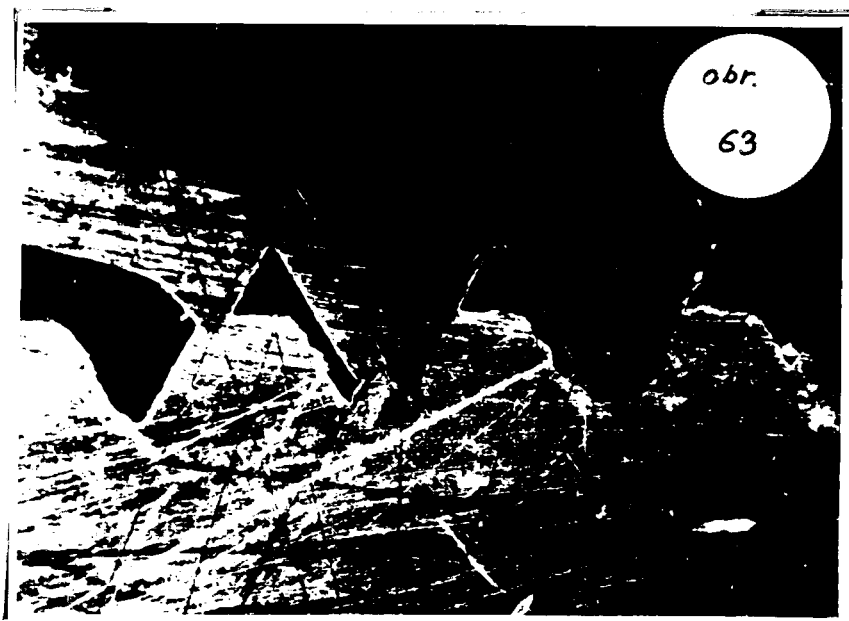
V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89 List 82



V Š S T
v Liberci

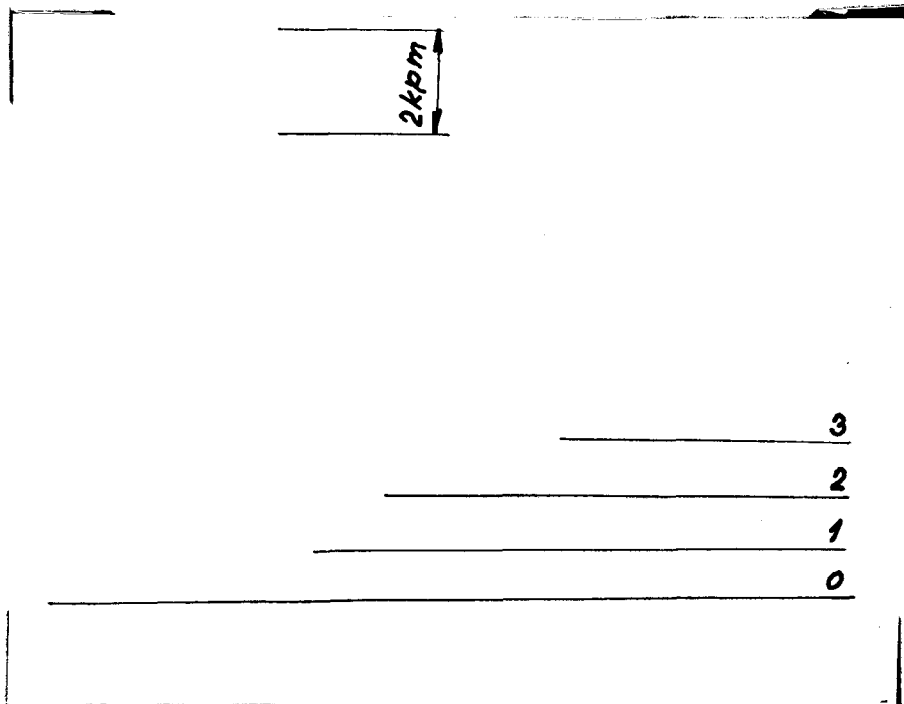
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP -ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 83



V Š S T
v Liberci

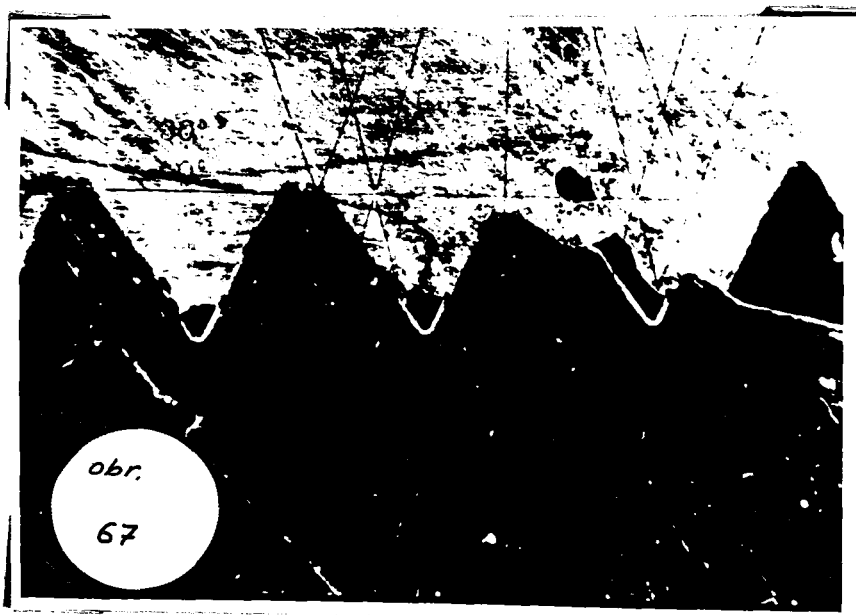
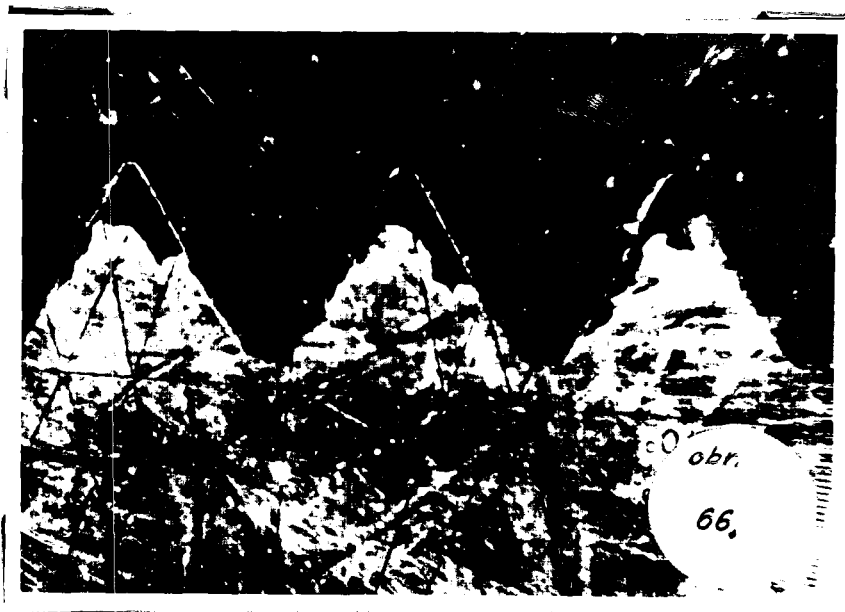
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 84



V Š S T
v Liberci

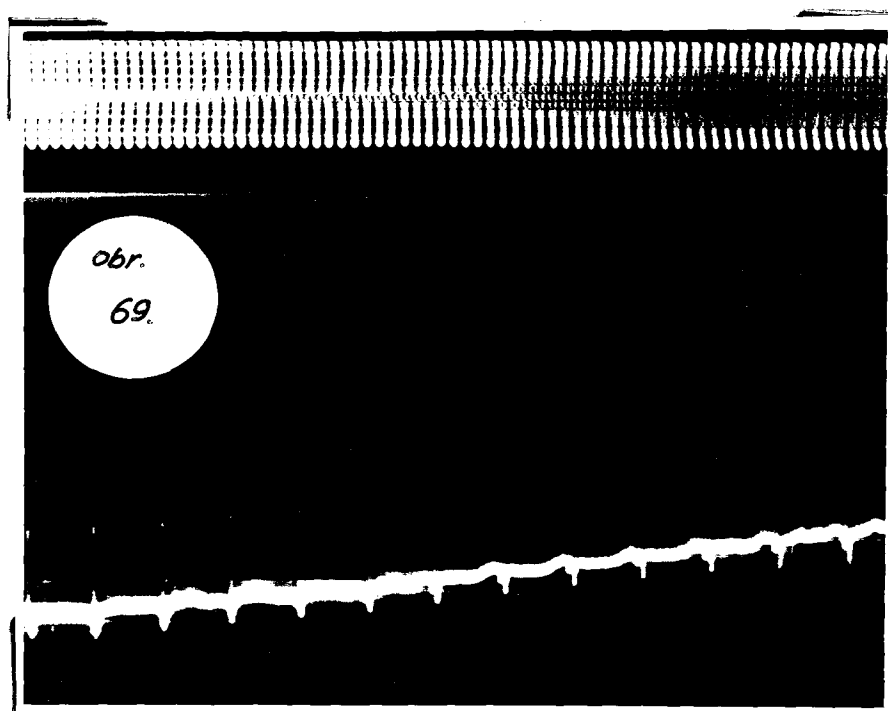
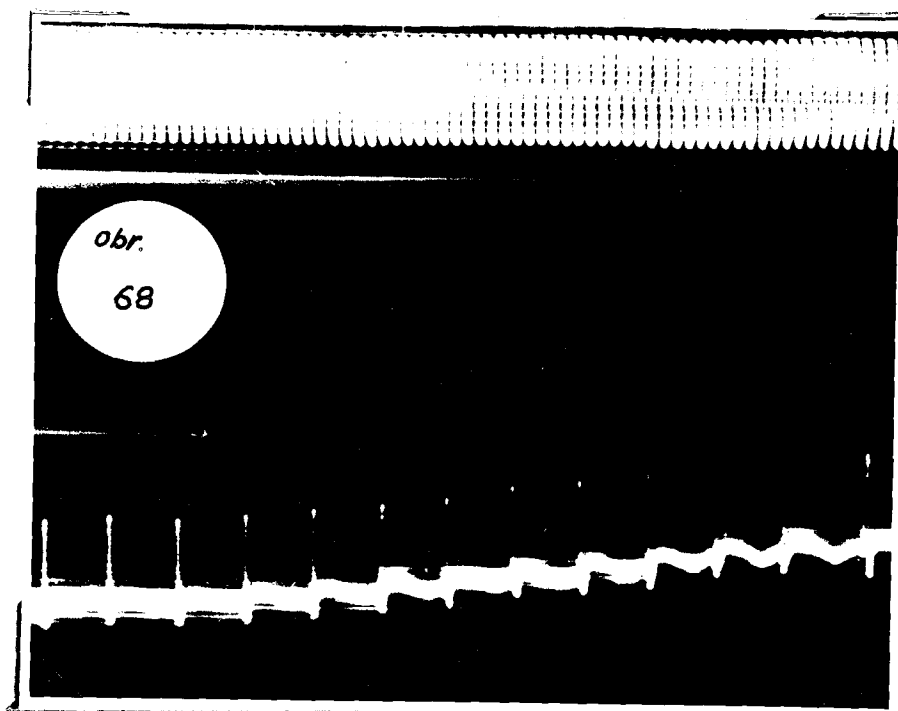
Ověřovací zkouška
pevných závitových spoju v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

List 85



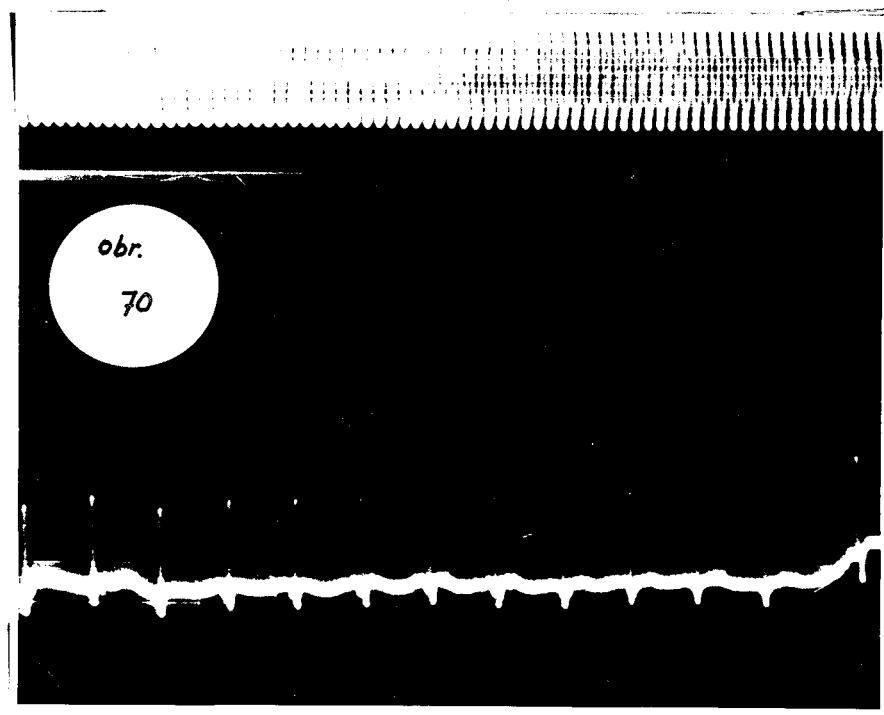
V Š S T
v Liberci

Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89 List 86



6
5
4
3
2
1
0

V Š S T
v Liberci

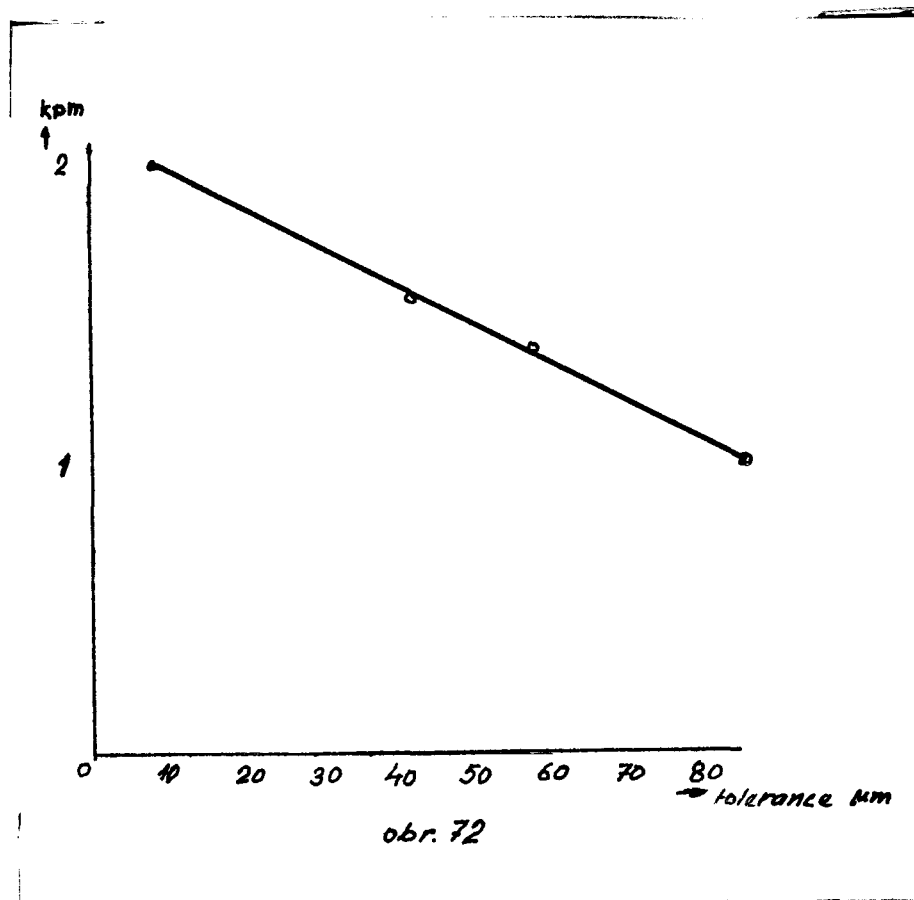
Ověřovací zkouška
pevných závitových spojů v bloku
motoru 1000 MB

DP-ST-9

12.12.1964

Listů 89

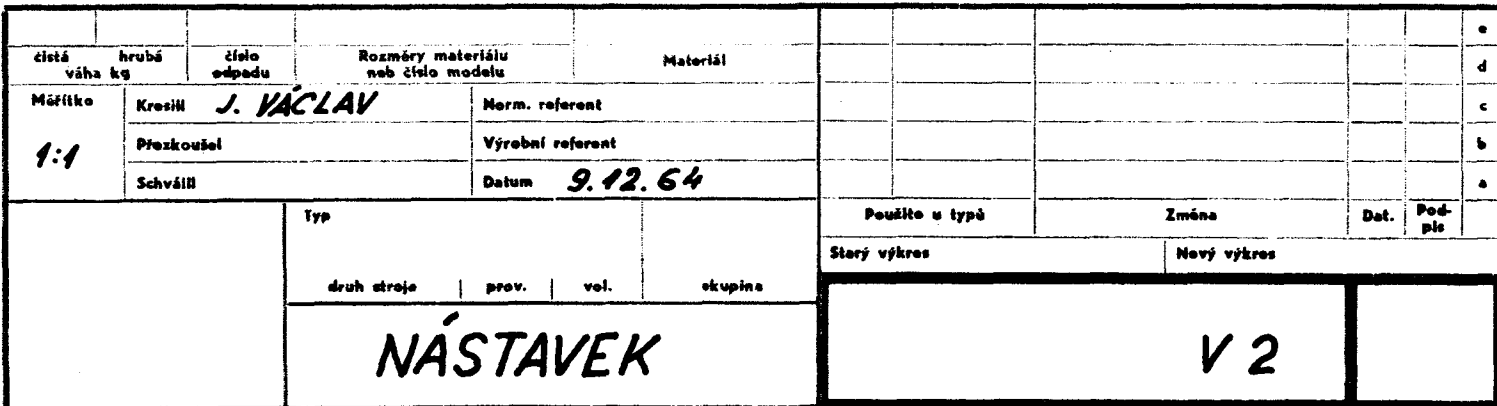
List 87

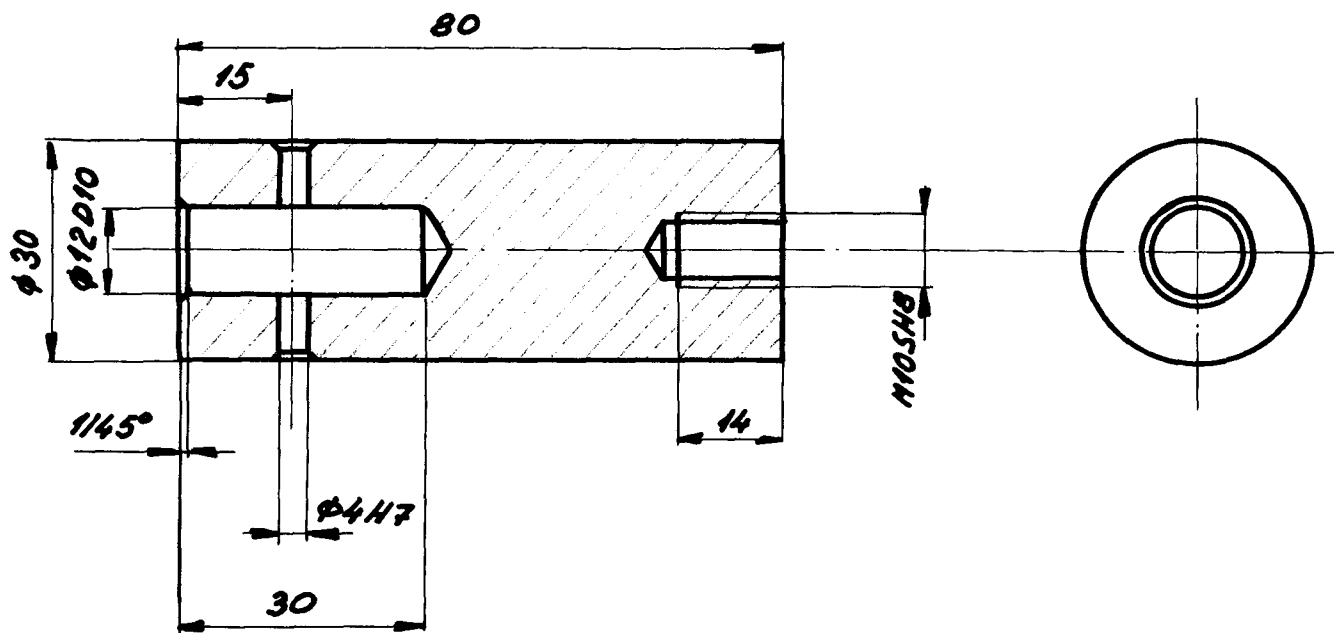


VŠST v Liberci	Cvěřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP - ST - 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 88
<u>Použitá literatura</u>			
H.Supík	: Pevné závitové uložení	/1/	
A.M.Turičin	: Elektrická měření neelektrických veličin	/2/	
B.I.Pikalov	: Pevný závit ocel-ocel	/3/	
Normy GOST, ČSN, DIN		/4/	
Podklady ISO		/5/	
J.Draský	: Zavádění doporučení ISO u metrických závitů v ČSN	/6/	
A.Seidler	: Lícování závitů a mezní závitové kalibry	/7/	
J.Dufek	: Měření řezných sil	/8/	
J.Draský	: Zkoušky závitových spojení	/9/	
Výpis z komentáře o pevných metrických závitech /vnitřní literatura VŠST Liberec/		/10/	
Černoch	: Strojně-technická příručka	/11/	
H.Wiegand H.Illgner	: Berechnung und Gestaltung von Schraubenverbindungen	/12/	
Tichý	: Technická příručka	/13/	
Hudík	: Zpráva o zkoušce závrtných šroubů	/14/	
Hašek	: Tváření kovů	/15/	
C.Höschl	: Pružnost a pevnost	/16/	
E.Ulrych J.Hadrbolec	: Vybrané stati z částí strojových	/17/	

VŠST v Liberci	Ověřovací zkouška pevných závitových spojů v bloku motoru 1000 MB	DP-ST- 9	
		12. 12. 1964	
		Listů: 89	List: 89
<u>O b s a h</u>		strana	
Úvod.		1	
Názvosloví.		2	
Hospodářské zdůvodnění řešení pevných závitových spojů.		3	
Používané způsoby pevných závitových uložení.		6	
Návrh zkušebního zařízení pro strojní zatahování šroubů, umožňující měření zatahovacích momentů.		20	
Postup práce měření.		42	
Výpočet kroutícího momentu šroubu s přesahem.		53	
Vyhodnocení záznamu.		59	
Obrazová část záznamu.		70	
Použitá literatura.		88	

VŠST v Liberci		DP - ST -	
		Listů:	List:
Děkuji všem, kteří mi ochotně pomohli při shromažďování podkladů pro vypracování diplomní práce. Zvláště děkuji s. doc. ing. J. Draskému za vedení při vypracování úkolu, s. Gahutovi za pomoc při práci s elektrickými měřicími přístroji a s. Hudíkovi za pomoc při studo- vání provozních podmínek v AZNP Mladá Boles- lav. <i>Jiří Macourek</i>			



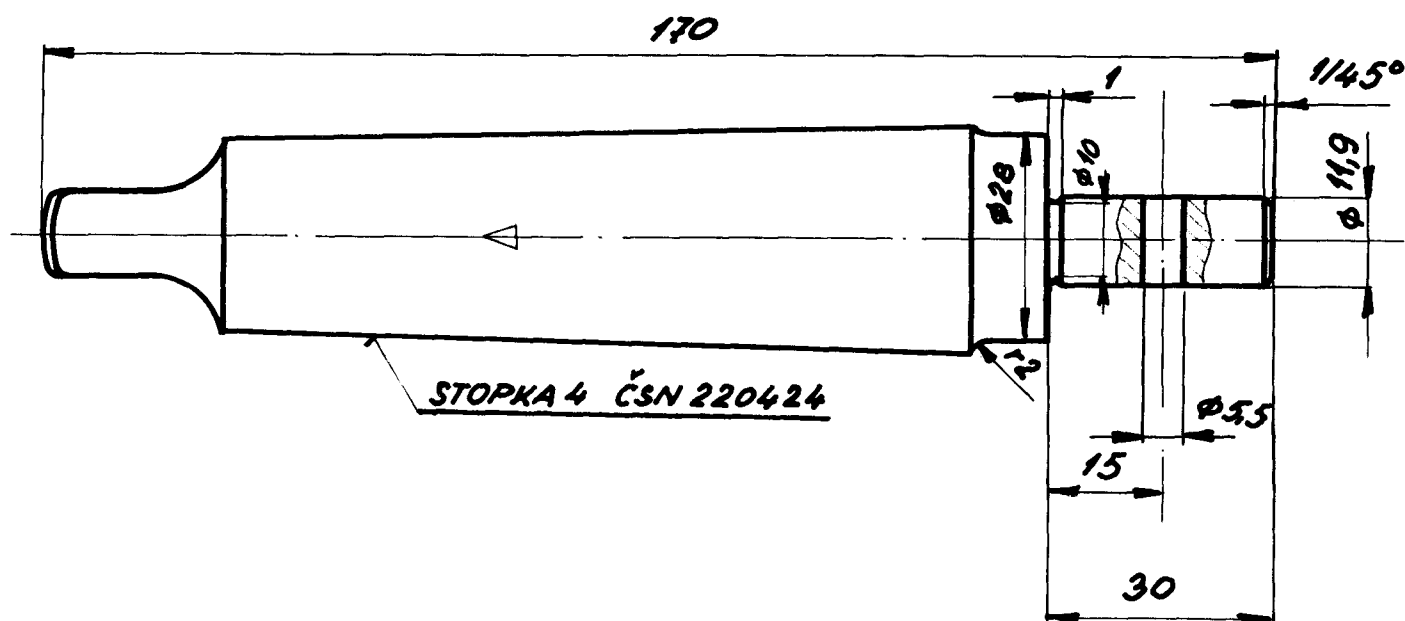


MATERIÁL 11600

1:1 J. VÁCLAV

UNAŠEČ

V3



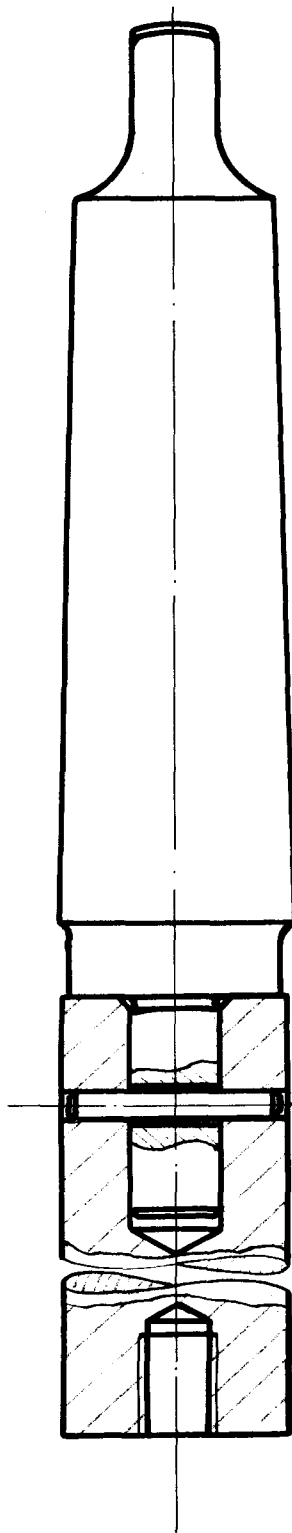
MATERIÁL VRTÁK 34

ČSN 220424

1:1 J. VÁCLAV

STOPKA

V3



ČSN 022102 Ø4x28

cistá váha kg	hrubá váha kg	číslo odpadu	Rozměry materiálu nebo číslo modelu	Materiál				e
Měřítka	Kreslil	J. VÁCLAV	Norm. referent					d
1:1	Přezkoušel		Výrobní referent					c
	Schválil		Datum	9. 12. 64				b
								a
Typ				Použito u typů	Změna	Dat.	Pod- pis	
druh stroje				prov.	vol.	skupina	Starý výkres	Nový výkres
TRN S UNAŠEČEM				V3				