

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta textilní

ZJIŠŤOVÁNÍ TLAKU VINUTÍ
V KŘÍŽEM SOUKANÝCH CÍVKÁCH

Kandidátská disertační práce

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI

3146088258

Liberec, prosinec 1975

Ing. Vladimír Sýkora

Obsah kandidátské disertační práce

Strana:

Titulní list	1
Obsah kandidátské disertační práce	2
1. ÚVODNÍ ČÁST	
1.1 Úvod	5
1.2 Zdůvodnění, cíl a využití kandidátské disertační práce	7
1.3 Použitá označení	11
2. HUSTOTA A TVRDOST NÁVINU	
2.1 Hustota návinu	12
2.1.1 Hustota návinu a její zjišťování	12
2.1.2 Závislost hustoty návinu na podmínkách při soukání	13
2.1.3 Velikost hustoty návinu z hlediska následného použití cívek	18
2.2 Tvrdost návinu	20
2.2.1 Měření tvrdost návinu, měřicí přístroje ...	20
2.2.2 Vliv zkušebních podmínek na tvrdost návinu	26
2.2.3 Závislost tvrdosti návinu na podmínkách při soukání	27
2.3 Porovnání a zhodnocení metod zjišťování hustoty a tvrdosti návinu	30
3. ZJIŠŤOVÁNÍ TLAKU VINUTÍ V KŘÍŽEM SOUKANÝCH CÍVKÁCH	
3.1 Teoretické stanovení tlaku v cívkách	32
3.1.1 Výpočet tlaku podle Wegenera - Schuberta ..	33
3.1.2 Výpočet tlaku podle Stěpanova - Savvina ...	37
3.1.3 Výpočet tlaku podle Liuta	38
3.2 Experimentální zjišťování tlaku v křížem soukaných cívkách	41
3.2.1 Stávající metody měření tlaku a jejich hodnocení	42
3.2.1.1 Měření tlaku pomocí speciálně zkonstruované měřicí dutinky	42
3.2.1.2 Zjišťování tlaku vinutí na dutinku při použití kovové válcové dutinky jako nosného tělesa návinu	50

Strana:

3.2.1.3	Zjišťování tlaku v návínu vyhodnocováním deformace zasoukaných lehce tverovaných těles	50
3.2.2	Vlastní návrh měření tlaku	51
3.2.2.1	Volba měřicí metody	52
3.2.2.2	Realizace měření tlaku podle navržené metody	58
3.2.2.2.1	Metodika, popis a blokové schema měření	58
	Metodika měření	
	Popis a blokové schema měření	
3.2.2.2.2	Tlakový indikátor	64
	Technické údaje tlakového indikátoru Tesla BM 398	
	Popis funkce a blokové schema tlakového indikátoru	
	Stručné shrnutí funkce přístroje	
	Nelinearita přenosu	
	Nelinearita přístroje v čase	
3.2.2.2.3	Snimač	71
	Kapacita snimače	
	Konstrukční provedení snimače, volba dielektrika, výpočet kapacity snimače	
	Speciální koaxiální kabel snimače	
	Výroba snimače	
	Dodatečná úprava snimače	
	Manipulace se snimačem při měření a cejchování	
	Vnější vlivy na snimač	
3.2.2.2.4	Paměťové zařízení	84
	Konkretní provedení paměťového zařízení u kapacitního měření tlaku	
3.2.2.2.5	Sledování a záznam naměřených hodnot	90
3.2.2.2.6	Cejchovací zařízení	93
	Konkretní provedení cejchovacího zařízení	
	Postup při cejchování	
3.2.3	Silové poměry v návínu při zasoukání snimače	98
3.2.4	Charakteristika a přínos navržené metody měření tlaku v křížem soukaných cívkách	106

Strana:

4. PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ NAVRŽENÉ METODY MĚŘENÍ

TLAKU V PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH

4.1	Označování tloušťky návínu na dutince a postup při určování hodnoty tlaku	110
4.1.1	Označování tloušťky návínu na dutince cívky ...	110
4.1.2	Určení hodnoty tlaku v křížem soukané cívce ...	110
4.2	Provozní zkoušky měření tlaku v n.p. Textilana	114
4.3	Tlak na dutinku	117
4.4	Tlak mezi vrstvami vinutí	120
4.5	Faktory ovlivňující velikost tlaku	124
4.5.1	Napětí při soukání	124
4.5.2	Zatížení cívkového rámce	127
4.5.3	Rychlost při soukání	129
4.5.4	Druh soukaného materiálu a jemnost nitě	130
4.5.5	Klimatické podmínky a doba skladování nasoukaných cívek	132
4.5.6	Úhel křížového vinutí	133
4.6	Stručné zhodnocení provozních zkoušek navržené metody měření tlaku	134

5.	SOUHRN A ZÁVĚRY	136
----	-----------------------	-----

6.	POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA	140
----	---------------------------------------	-----

	Doslov autora	143
--	---------------------	-----

7.	PŘÍLOHY	144
----	---------------	-----

Rozsah práce

Počet stran: 152

Počet obrázků: 48

Počet tabulek: 1

Počet příloh: 8

1. ÚVODNÍ ČÁST

1.1 ÚVOD

Jedním z úkolů, vytyčených směrnici XIV. sjezdu Komunistické strany Československa, je urychlit tempo vědeckotechnického pokroku, který se stává rozhodující pákou vzestupu socialistického hospodářství. Na prvé místo přitom položit požadavek rychlejšího zavádění výsledků vědy a výzkumu do praxe, cílevědomou obměnu výrobních programů, zvyšování technické úrovně a užitné hodnoty výroby a výrobků. Vědecko-výzkumnou práci orientovat na potřeby společenské praxe při výraznější koncentraci na rozhodující programy rozvoje národního hospodářství a důslednější koordinaci se zeměmi RVHP. Realizaci výsledků vědeckotechnického rozvoje učinit osou národohospodářských plánů a celé řídicí činnosti [1].

Cílevědomé a účinné spojení s praxí má stěžejní význam i pro oblast základního vědeckého výzkumu. Jde o to, aby se hmotné prostředky, věnované společností na rozvoj vědy, kladně projevovaly ve výsledcích výzkumu a jejich realizaci. Je proto nezbytné, aby výsledky každého experimentu byly správné a opakovatelné, aby z každého experimentu bylo pro praktickou realizaci vyzískáno maximum při minimálních nákladech.

Těsné spojení s praxí je jednou ze základních podmínek zkvalitnění práce vysokých škol všech typů a oborů. Pomoc vysokých škol závodům kromě přípravy vysokoškolsky vzdělaných odborníků, zahrnuje zejména zabezpečování poradenské a servisní činnosti, účast na realizaci nových výrobních programů i vědeckých výsledků v praxi.

Textilní fakulta Vysoké školy strojní a textilní v Liberci má jako jediná fakulta toho druhu vyjimečné postavení v ČSSR. Je proto zapotřebí, aby výzkumné úkoly řešené na VŠST, v maximální míře přispívaly k rozvoji vědecko-výzkumné základny textilního průmyslu a k tomuto cíli je pak nutno

zaměřovat vědecko-výzkumné práce všech forem, ať už jde o práce diplomní, disertační či habilitační.

Podle koncepčních inovačních záměrů pro 6. pětiletku se dá předpokládat, že do roku 1980 dojde v textilním průmyslu k určitým změnám technologie výroby a současně k přetváření struktury surovinové základny a sortimentální skladby výrobků. Půjde především o uplatnění nových druhů chemických vláken, zavádění progresivní technologie výroby, modernizaci strojního vybavení provozů atd. I když má ČSSR vyvinutý textilní průmysl a naši textilní odborníci přispívají svými vynálezy špičkové úrovni /např. tryskové stavy, bezvřetenové předení, víceprošlupní tkací stroj Contis/ k světovému technickému vývoji, je cesta dalšího rozvoje textilního průmyslu stále aktuální problematikou.

Ve smyslu směrnic XIV. sjezdu KSČ je nutno při využívání výrobní základny a v zájmu uspokojování potřeb obyvatelstva mimo jiné zlepšovat technickou úroveň a kvalitu výrobků. Tato otázka souvisí nejen s úrovní řídicí práce a úrovní techniky, ale i s aktuálním využíváním poznatků vědy a techniky v různých oborech činnosti.

Ve snaze přispět ke zlepšení kvality soukaných cívek v přípravných tkalcoven byl vytyčen i úkol předkládané kandidátské disertační práce - vyvinout metodu pro zjišťování tlaku v křížem soukaných cívkách. Rozbor tlakových poměrů v cívkách, jako hodnotící kritérium kvality návinu, by měl posloužit jako podklad pro dosažení vyšších výkonových parametrů na strojích v přípravných a tkalcovných i pro zlepšení kvality vyráběného zboží.

1.2 ZDŮVODNĚNÍ, CÍL A VYUŽITÍ KANDIDÁTSKÉ DISERTAČNÍ PRÁCE

Navíjení nití, ať už se jedná o soukání, snování či skaní, je základem přípravárenských prací ve tkalcovných a pletárnách. Chyby při přípravě materiálu nepříznivě ovlivňují kvalitu výsledného produktu, t.j. tkaniny nebo pleteniny. Proto je velmi důležité sledování a dodržování kvality návinu.

Každá vrstva vinutí vytváří při navíjení tlak, ve vrstvách dříve navinutých, které se nacházejí pod ní. V důsledku nestejného tlaku se jednotlivé vrstvy návinu rozdílně v radiálním směru stlačují a v axiálním směru roztahují. Deformace návinu může nepříznivě ovlivnit tvar cívky, způsobit poruchy při odvíjení i rozdíly v hustotě a tvrdosti návinu, vlivem deformace návinu mohou vznikat též rozdíly ve vlastnostech navinutých nití.

Právě deformace návinu v axiálním směru způsobuje "vyboulení" čel cívek a obávané sesmekávání ovinů je příčinou ztíženého odvíjení nitě i mnohdy větší přetrhovosti při odvíjení.

Rozdíly v hustotě a tvrdosti návinu jsou jednou z hlavních příčin nestejnoměrného vybarvení na cívkách nebo osnovních válech a toto nestejnoměrné vybarvení nití snižuje užitečnou hodnotu vyráběných tkanin či pletenin.

Vzhledem k tomu, že stávající a v textilních provozech rozšířené metody hodnocení návinu z hlediska probarvitelnosti spočívají v posuzování jeho hustoty nebo tvrdosti, je v předkládané kandidátské práci provedeno i zhodnocení obou stávajících metod. Ukazuje se, že tyto metody neposkytují dostatečně přesně potřebné informace o skutečných poměrech uvnitř návinu a že by bylo mnohem vhodnější posuzovat hlavní příčinu, která vede k již zmíněným deformacím návinu a také k nerovnoměrnostem v hustotě a tvrdosti návinu, t.j. tlak mezi vrstvami vinutí.

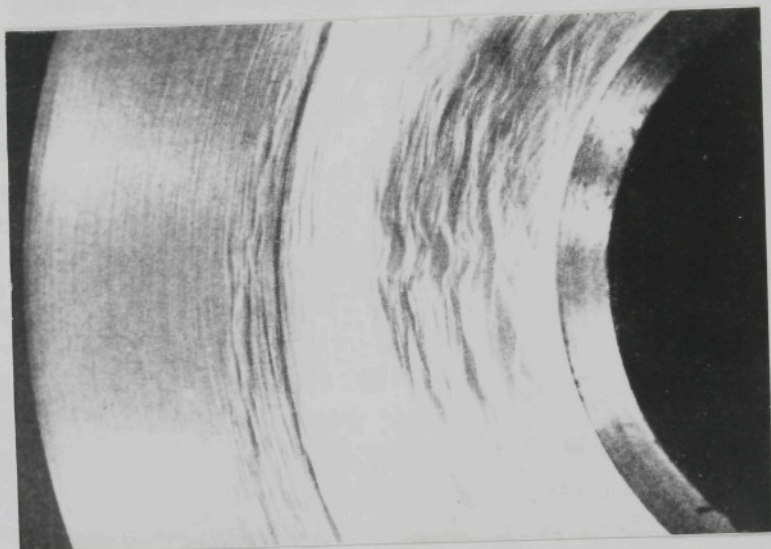
Z praxe je známo, že v návínu je nejvyšší tlak na nosné těleso návínu /dutinku, trubku osnovního válu/. Z toho důvodu vzniká nebezpečí, že se nosné těleso návínu pod vlivem tlaku zdeformuje nebo dokonce zbortí. Zdeformované dutinky se již nemohou znovu použít a dochází i k tomu, že se nedají stáhnout z upínacího trnu. Zvláště velké tlaky vznikají v návínech při zpracování nekonečných syntetických vláken. To je patrné z obr.1.2-2, na kterém je zobrazena trubka osnovního válu, zdeformovaná tlakem silonových nití.

Je pochopitelné, že velikost tlaku uvnitř návínu, stejně jako hodnota hustoty či tvrdosti návínu, je závislá na podmínkách při soukání a skladování nasoukaných cívek. Mezi tyto podmínky, jejichž vliv je nutno sledovat, je možno zahrnout napětí nití při soukání, rychlost soukání, zatížení cívkového rámce, úhel křížení nití, vlhkost materiálu, dobu odležení návínu, atp.

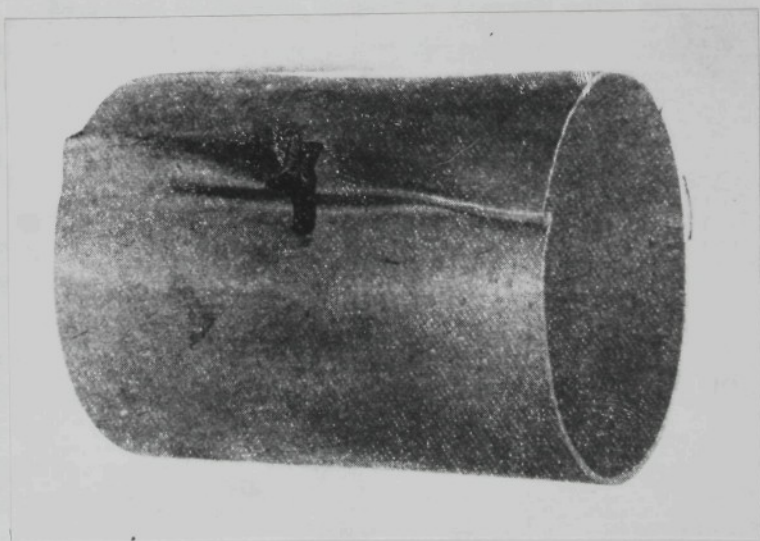
Při sledování všech těchto podmínek s ohledem na dosažovanou kvalitu návínu vystupuje do popředí nutnost zjišťovat tlaky v návínech. Toto potvrzují i závěry prací výzkumných pracovníků z textilního oboru, kteří se problematikou hodnocení kvality návínů zabývali.

Přestože je v textilním oboru značný zájem o způsob posuzování návínů z hlediska tlakových poměrů, zůstala u většiny autorů snaha stanovit průběh nebo hodnoty tlaku v návínu pouze u matematického vyjádření. Odvozené teoretické vztahy pro výpočet tlaku se u jednotlivých autorů značně odlišují a provést jejich posouzení bez experimentálního ověření není dost dobře možné.

Měřit tlak uvnitř návínu, ať už tlak mezi vrstvami vinutí nebo tlak na nosné těleso návínu, je poměrně komplikovanou záležitostí. Do místa v návínu, ve kterém se má měřit tlak, je nutno umístit snimač tlaku pokud možno malých rozměrů, aby co nejméně narušoval stavbu vinutí. Ukládání snímače tlaku i přírodního kabelu je ztíženo tím, že se cívka při soukání otáčí. Pokud nestačí jednorázové určení hodnoty tlaku



Obr.1.2-1 Deformovaný návin na válcové křížem soukané
cívce



Obr.1.2-2 Trubka osnovního vélu, zdeformovaná tlakem
silonových nití

v návinu, ale je zapotřebí sledovat průběh tlaku v měřeném místě, musí být snimač při měření schopen opakovaně, v libovolně zvoleném časovém intervalu, nebo průběžně, předávat měřicímu přístroji informace o velikosti tlaku uvnitř návinu. Značné nároky na snimač v kombinaci s rotačním pohybem cívky při tvoření návinu pak zužují i možnost volby měřicí metody.

Cílem předkládané kandidátské disertační práce je navrhnout metodu zjišťování tlaku v křížem soukaných cívkách, rozpracovat ji do konkrétní formy provedení a provést její ověření. S ohledem na časovou náročnost a složitost komplexu otázek, spojených s návrhem, výrobou a provozním odzkoušením snimačů, paměťového i cejchovacího zařízení, není možné v rámci kandidátské disertační práce zpracovat problematiku tlaku v křížem soukaných cívkách vyčerpávajícím způsobem. Realizací metody měření tlaku v cívkách se otevírá možnost získávat výsledky, které by v praktickém provozu posloužily k orientaci odborníků a eliminaci negativních důsledků při soukání.

Rozborem tlakových poměrů v cívkách nebo osnovních válech, určených k barvení, bude možno blíže určit optimální podmínky navíjení, jejichž respektování povede k snížení nestejnoměrnosti vybarvení a tím k zvýšení užité hodnoty vyráběného zboží.

Podle rozložení tlaku v návinu bude možno vyjasnit souvislost mezi napětím nitě při soukání a tlakem mezi vrstvami vinutí, určit optimální přítlak cívkového rámce i vliv relaxace nití během odležení návinu na velikost tlaku uvnitř návinu. Při znalosti tlakových poměrů bude dále možné volit optimální podmínky při stavbě návinu tak, aby se předcházel deformacím nosných těles návinů /dutinek, trubek/, deformacím návinů v radiálním i axiálním směru, potížím při odvíjení a případně i změnám ve vlastnostech navinutých nití, jež jsou způsobeny tlakem v návinu.

1.3 POUŽITÁ OZNAČENÍ

V kandidátské disertační práci je použita pro vyjadřování jednotlivých veličin jednotná měrová soustava SI. Zásadně je používáno vyjadřování veličin základními jednotkami a v případě potřeby odvozenými jednotkami soustavy SI, vedlejší jednotky používány nejsou.

V grafických vyjádřeních vzájemného vztahu veličin jsou na osách souřadnic a pořadnic jednotky uváděny v hranatých závorkách. S ohledem na určité potíže, které zpočátku zavádění měrové soustavy SI přináší, pak v případech, kde by vyjádření příslušné veličiny základní či odvozenou jednotkou nedávalo vzhledem k stávajícím zvyklostem při označování zcela jasnou představu, je v textu práce uvedeno za vyjádřením veličiny v základní nebo odvozené jednotce soustavy SI navíc v šikmé závorce ještě vyjádření jednotkou vedlejší.

Označení obrázků, tabulky a příloh je provedeno podle posloupnosti textu práce tak, že je uvedeno nejdříve číslo příslušné kapitoly a za ním oddělené vodorovnou čárkou, pořadové číslo obrázku /arabskou číslicí/ či přílohy /římskou číslicí/ v příslušné kapitole. U uvedených matematických vztahů není provedeno číselné označení vztahů, protože to popis práce nevyžaduje. Odkazy na použitou nebo doporučenou literaturu jsou uvedeny číslicemi v hranatých závorkách.

V práci je používán termín "napětí nitě" při soukání, tak, jak je všeobecně vžitý v textilácké praxi. Ve skutečnosti však nejde o napětí /síla na jednotku plochy/, nýbrž o sílu a podle názoru autora by bylo vhodnější výhledově jej nahradit termínem "tažná síla" nitě či příze /samotné označení síla nitě by zase mohlo vést k záměně s jemností nitě/.

2. HUSTOTA A TVRDOST NÁVINU

Hustota a tvrdost návinu a jejich rozložení v nasoukané cívce jsou důležité pro další zpracování a jejich nestejnomyšlnost či malá nebo velká hodnota mají často nepříznivý vliv a působí potíže při snování, tkaní, barvení. Zejména pro barvení je důležité znát rozdělení hustoty a tvrdosti ve vybarvovaném návinu a to, jak tyto veličiny závisí na navíjecích podmínkách.

Hustota návinu je celkové, paušální popsání stavu navinutého materiálu, tvrdost potom informuje o místních odchylkách a z naměřených hodnot tvrdosti lze usuzovat na rozdíly hustoty v určité části návinu. Obě veličiny souvisí s tlakem mezi vrstvami vinutí a právě otázce zjišťování tlaků v návinech jako kvalitativního hlediska pro posuzování návinů se v poslední době věnuje zvýšená pozornost. Používané metody zjišťování hustoty a tvrdosti návinu problematiku obtížněji zjistitelných hodnot tlaku v návinu určitou měrou prakticky obcházejí.

2.1 HUSTOTA NÁVINU

2.1.1 Hustota návinu a její zjišťování

Hustota návinu γ se vyjadřuje poměrem hmotnosti návinu G na cívce k objemu návinu V , který příze zaujímá.

$$\gamma = \frac{G}{V} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

Jde tedy vlastně o měrnou hmotnost návinu, které se v měrové soustavě SI udává v kg/m^3 . Dříve obvyklému vyjadřování hustoty v g/cm^3 by při zachování numerické hodnoty odpovídala v soustavě SI jednotka Mg/m^3 .

Pro stanovení hustoty celého návinu je zapotřebí zjistit rozdíl hmotnosti nasoukané cívky a hmotnosti dutinky a vypočítat objem návinu na cívce.

Při sledování hustoty jednotlivých vrstev návinu se musí těleso návinu rozdělit na jednotlivé vrstvy, jejichž hmotnost a objem je nutno zjistit. Hodnoty objemu vrstev je ovšem třeba vypočítávat z průměrů a délek vrstev, změřených na nasoukané cívce, nikoliv při odvíjení. Při navíjení se tvořící se návin deformuje zčásti plasticky a zčásti elasticky [2], při odvíjení elastický podíl deformace opět mizí. Ta část deformace návinu, která zůstane, způsobuje při odvíjení roztahování návinu v radiálním směru a jeho zkracování ve směru axiálním. Z těchto důvodů není možné zjišťovat objemy vrstev, ve kterých sledujeme hustotu, při odvíjení.

Pro výpočet hustoty návinu byly různými autory odvozeny vztahy, jejichž složitost závisí na tom, jaká kritéria byla při určování vztahu zahrnuta. Většinou se odvozené vztahy pro výpočet hustoty vyskytují jako funkce několika veličin, jako např. jemnosti nitě, poloměru návinu, napětí při soukání, úhlu překřížení, počtu závitů ve vrstvě, tvaru cívky a pod.

Liute ve zveřejněných člancích [3,4,5,6,7] uvažuje při odvozování vztahu pro výpočet hustoty návinu koeficient zaplnění $K = \frac{\rho}{\rho_p}$, definovaný jako podíl hustoty návinu ρ a specifické hmotnosti příze ρ_p . Koeficient zaplnění návinu zavádí i sovětský autor Zajcev při zjišťování hustoty návinu na osnovních válech [8].

Podrobnější vztahy, odvozené různými autory, pro výpočet hustoty návinu jsou navíc platné většinou pouze pro určitý druh nebo tvar návinu a uvádět je v této práci není účelné.

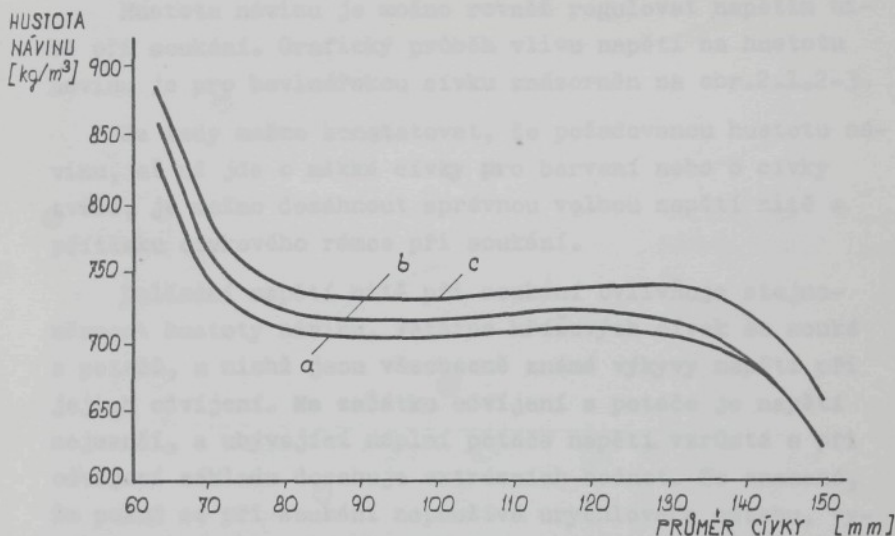
2.1.2 Závislost hustoty návinu na podmínkách při soukání

Hustota návinu nasoukané cívky je v podstatné míře závislá na napětí nitě při soukání, zatížení cívkového rámce, úhlu křížového vinutí, ale i na dalších podmínkách při soukání, jak bude dále uvedeno.

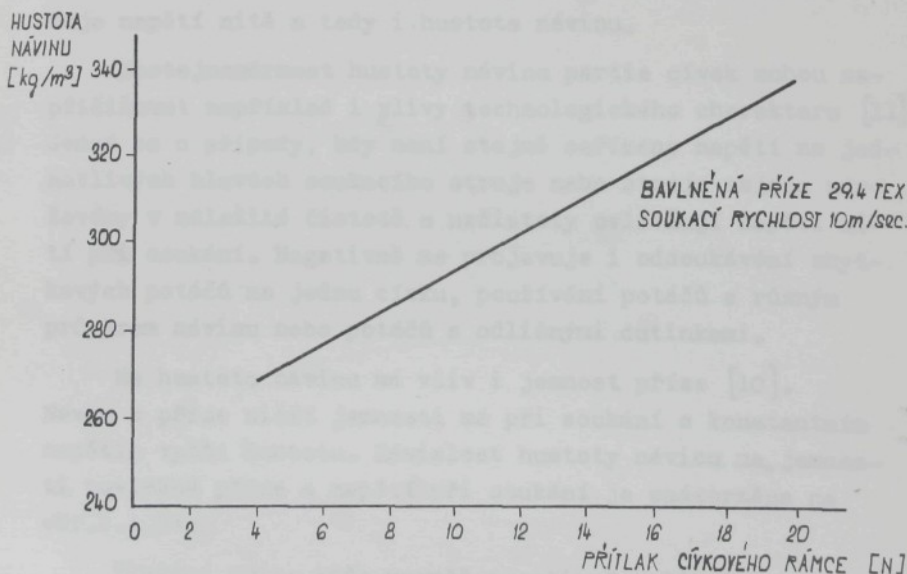
Hustota návinu se na cívce směrem od dutinky k povrchu cívky v prvních $2/10$ poloměru silně snižuje, zůstává dále na úseku asi $6/10$ poloměru konstantní a ke konci opět silně klesá. Tento výsledek pokusů Wegenera-Schuberta [9] je graficky znázorněn na obr. 2.1.2-1, kde průběh a představuje silně degresivní snížení napětí nitě při soukání /tažné síly/, průběh b silně progresivní snížení a průběh c nepatrné progresivní snížení napětí, přičemž byla na začátku soukání zvolena počáteční hodnota napětí $0,09 \text{ N} / 9\text{p}/$.

Hustota návinu se zdá být v určité souvislosti s tlakem mezi vrstvami vinutí. Porovnáme-li hodnoty hustoty návinu v blízkosti dutinky a povrchu cívky, je vidět, že směrem k dutince nastává zvětšování hustoty návinu. Toto zvětšování hustoty je možno zdůvodnit tím, že jsou při soukání vnitřní vrstvy návinu vzniklým tlakem stlačovány a dochází k radiální deformaci návinu. U dutinky, která nemění svůj tvar a kde tlak je maximální, je hustota největší a ve vnějších vrstvách vinutí, kde klesá tlak až na nulu, je hustota nejmenší.

Klösges ve své práci [10] mimo jiné zkoumal závislost hustoty na úhlu křížového vinutí a na zatížení cívkového rámce. Hustota návinu soukané cívky je podstatně závislá na úhlu křížového vinutí, pod kterým jsou nitě na cívce vzájemně překříženy a je tím vyšší, čím rovnoběžněji jsou nitě v návinu uloženy. Nejvyšší hustota je při úhlu křížového vinutí 0 rad resp. $3,14 \text{ rad} / 180^\circ$, nejnižší pak při pravouhlém překřížení, tedy při úhlu $1,57 \text{ rad} / 90^\circ$. U soukacích strojů s nepřímým pohonem cívek je možno zatížením nebo odlehčením cívkového rámce regulovat přítlak mezi rozváděcím bubnem či válcem a soukanou cívkou. Tím se dá, podobně jako přituzovacím válcem u snovacích strojů, regulovat hustota návinu. Jak ukazuje obr.2.1.2-2, zvyšuje se hustota návinu lineárně se zvyšujícím se přítlakem cívkového rámce, přičemž 1 N změny tlaku cívkového rámce odpovídá změně hustoty 4 kg/m^3 .



Obr.2.1.2-1 Hustota návinu v závislosti na průměru cívky a napětí nitě při soukání



Obr.2.1.2-2 Vliv přítlaku cívkového rámce na hustotu křížem soukané cívky

Hustotu návinu je možno rovněž regulovat napětím nitě při soukání. Grafický průběh vlivu napětí na hustotu návinu je pro bavlnářskou cívku znázorněn na obr.2.1.2-3.

Je tedy možno konstatovat, že požadovanou hustotu návinu, ať už jde o měkké cívky pro barvení nebo o cívky tvrdé, je možno dosáhnout správnou volbou napětí nitě a přítlaku cívkového rámce při soukání.

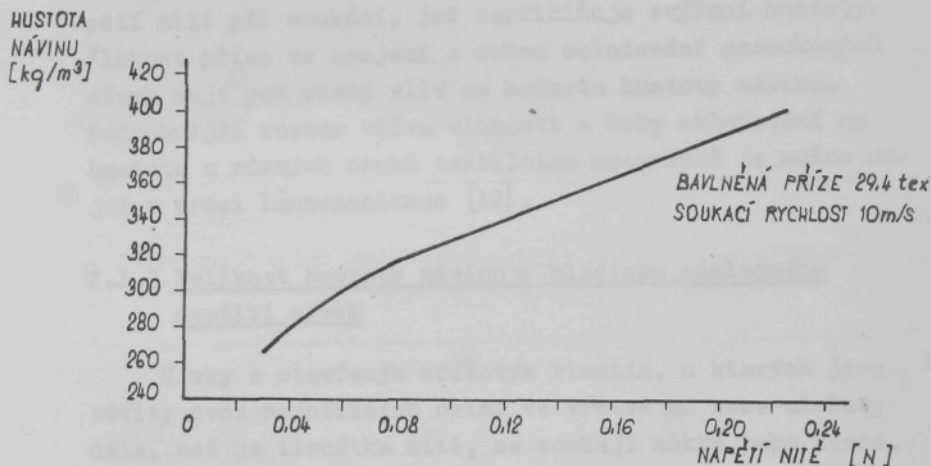
Kolísání napětí nitě při soukání ovlivňuje stejnoměrnost hustoty návinu. Většina křížových cívek se souká z potáčů, u nichž jsou všeobecně známé výkyvy napětí při jejich odvíjení. Na začátku odvíjení s potáče je napětí nejmenší, s ubývajícím náplní potáče napětí vzrůstá a při odvíjení základu dosahuje extrémních hodnot. To znamená, že pokud se při soukání nepoužívá urychlovače odtahu, vytváří se uvnitř tvořeného návinu opakovaně vrstvy o různé hustotě.

Pokud bychom sledovali vliv rychlosti soukání na hustotu návinu, pak se stoupající rychlostí soukání se zvyšuje napětí nitě a tedy i hustota návinu.

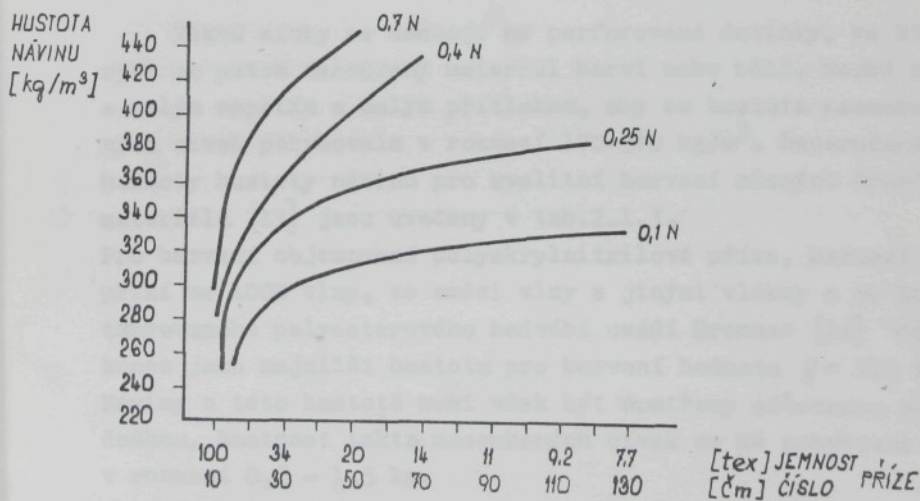
Nestejnoměrnost hustoty návinu partie cívek mohou zapříčiňovat například i vlivy technologického charakteru [11]. Jedná se o případy, kdy není stejně seřizeno napětí na jednotlivých hlavách soukacího stroje nebo stroje nejsou udržovány v náležitě čistotě a nečistoty ovlivňují napětí nití při soukání. Negativně se projevuje i odsoukávání zbytkových potáčů na jednu cívku, používání potáčů s různým průměrem návinu nebo potáčů s odlišnými dutinkami.

Na hustotu návinu má vliv i jemnost příze [10]. Návin z příze nižší jemnosti má při soukání s konstantním napětím vyšší hustotu. Závislost hustoty návinu na jemnosti bavlněné příze a napětí při soukání je znázorněna na obr.2.1.2-4.

Vlhkost příze může rovněž negativně ovlivnit stejnoměrnost hustoty cívek i v případech, kdy jsou ostatní příčiny nestejnoměrnosti vyloučeny. Vyšší vlhkost příze má



Obr.2.1.2-3 Vliv napětí nitě při soukání na hustotu
křížem soukané cívky



Obr.2.1.2-4 Závislost hustoty návinu na čísle bavlněné
příze a napětí při soukání

totiž za následek vyšší koeficient tření a tím vyšší napětí nití při soukání, jež zapříčiňuje zvýšení hustoty. Vlhkost příze ve spojení s dobou skladování nasoukaných cívek mají pak různý vliv na hodnotu hustoty návinu. Podrobnější rozbor vlivu vlhkosti a doby skladování na hustotu u různých druhů textilních materiálů je možno najít v práci Lünneschlosse [12].

2.1.3 Velikost hustoty návinu z hlediska následného použití cívek

Cívky s otevřeným křížovým vinutím, u kterých jsou závitů dvou nejblížešších ovinů ve vrstvě od sebe uloženy dále, než je tloušťka nitě, se soukají měkké nebo tvrdé. Tyto cívky s otevřeným křížovým vinutím se mohou soukat na soukacích strojích s libovolným nebo přesným kladením závitů. U libovolného kladení závitů nezávisí rozvádění nitě na otáčkách cívky a úhel vzájemného překřížení nití je při soukání konstantní; u přesného kladení závitů jsou otáčky cívky a pohyb rozvaděče vázány a úhel překřížení nití se při soukání zmenšuje, protože u tohoto t.zv. přesného soukání zůstává konstantní počet závitů ve vrstvě.

Měkké cívky se soukají na perforované dutinky, na kterých se potom nasoukaný materiál barví nebo bělí. Souká se s malým napětím a malým přitlakem, aby se hustota nasoukaných cívek pohybovala v rozmezí $170-370 \text{ kg/m}^3$. Doporučené hodnoty hustoty návinu pro kvalitní barvení různých druhů materiálů [13] jsou uvedeny v tab.2.1.3.

Pro barvení objemované polyakrylnitrilové příze, barvení přízí ze 100% vlny, ze směsi vlny s jinými vlákny a ze 100% tvarevaného polyesterového hedvábí uvádí Brenner [14] dokonce jako nejnižší hustotu pro barvení hodnotu $g = 110 \text{ kg/m}^3$. Návinu o této hustotě musí však být opatřeny síťovanou punčoškou, hmotnost takto nasoukaných cívek se má pohybovat v rozmezí $0,6 - 1,5 \text{ kg}$.

Horní hranice hustoty pro barvení je limitována požadovanou kvalitou příze. Čím je příze hrubší a čím jsou vyšší

Druh textilního materiálu	Hustota návinu kg/m^3
Vlněná příze	350
Bavlněná příze včetně směsi bavlny s viskózou do 20%	280 - 370
Směs bavlny s viskózou do 40%	210 - 300
Směs bavlny s viskózou nad 50% nebo viskózová stříž	170 - 270
Syntetická vlákna s výjimkou vlákna polyesterového	250 - 300
Polyesterové vlákna	300 - 330

Tab.2.1.3 Doporučené hodnoty hustoty návinu
pro kvalitní barvení

nároky na jakost, tím měkčí musí být náviny.

Hustota tvrdě nasoukaných cívek bývá $500-600 \text{ kg/m}^3$ u přízí předených a $700-800 \text{ kg/m}^3$ u hedvábí [15].

Na tyto cívky se vejde při stejném objemu více materiálu a barvicí či bělicí lázně jimi neproniknou. Tvrdě nasoukané cívky mají větší soudržnost a používají se hlavně pro snování a tkaní.

Cívky s uzavřeným křížovým vinutím /závity jsou těsně vedle sebe bez mezer/ mají prakticky maximální hustotu a nehodí se pro barvení ani bělení. Tyto cívky se soukají na soukacích strojích s přesným kladením závitů, na kterých je možno provádět změnu převodového poměru mezi otáčením cívky a pohybem rozvaděče podle jemnosti příze. Uzavřeného křížového vinutí se používá pro náviny šicích nití, motouzů, ale i např. útkových nití pro člunkové stuhařské stavy.

2.2. TVRDOT NÁVINU

2.2.1 Měření tvrdosti návínu, měřicí přístroje

Tvrdot návínu je dalším kritériem, kterého je možno použít pro stanovení dostatečných podmínek při barvení /z hlediska hodnocení a dosažení potřebných vlastností návínu pro jeho kvalitní probarvení/. Při měření tvrdosti návínu se do návínu vtlačuje určitou silou vnikací tělís-ko kuželového nebo kulového tvaru a podle hloubky vtisku se určuje tvrdost návínu ve stupních Shore. Měření tvrdosti se provádí obvykle na plně nasoukaných cívkách. Tato metoda posuzování návínu umožňuje velmi rychlou práci a je vhodná především pro obsáhlé provozní zkoušky. Měření tvrdosti, prováděné na plně nasoukaných cívkách, však nedávají představu o rozložení tvrdosti uvnitř návínu a přitom právě stejnoměrnost rozložení, ať již tvrdosti nebo hustoty návínu, jsou rozhodujícími předpoklady pro kvalitní probarvení. Pro méně přesné posuzování tvrdosti návínu však i zjišťování tvrdosti na plné cívce dává srovnatelné hodnoty.

Pro měření tvrdosti návinu není u nás vyvinut přístroj, takže se otázka posuzování tvrdosti návinu prakticky obchází a návinu se hodnotí podle hustoty. V zahraničí se pro měření tvrdosti návinu používá tvrdoměru fy Frank, Weinheim/Birkenau, tvrdoměru fy Zwick, Binsingen nebo tvrdoměru typu T-1, vyvinutého v USA.

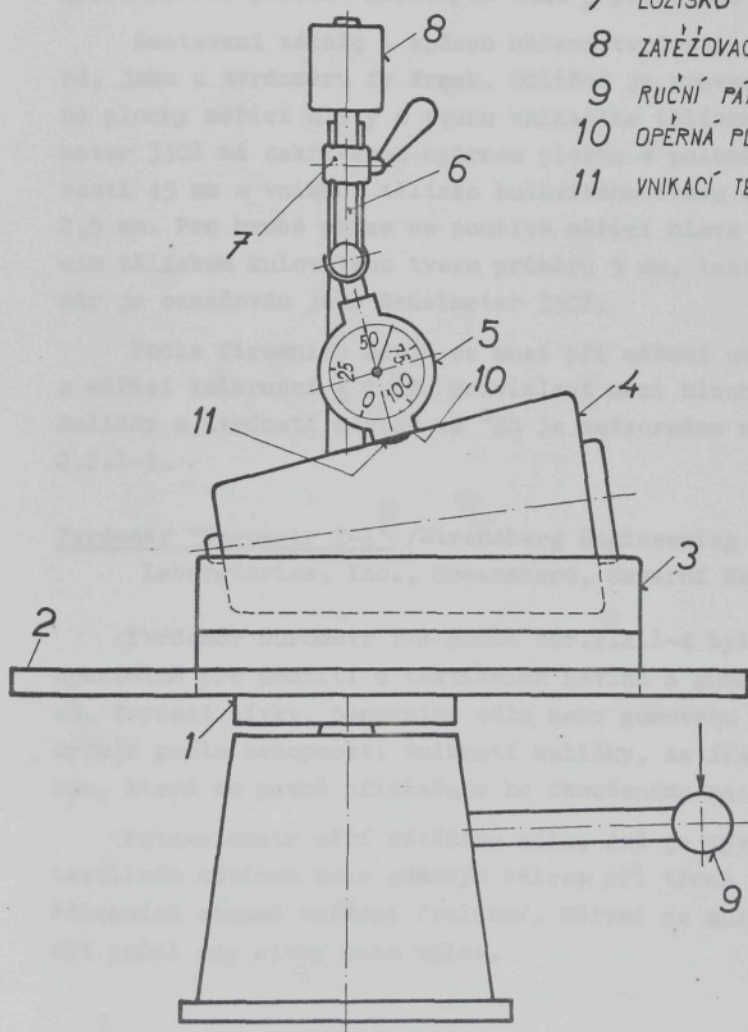
Tvrdoměr firmy Frank, Weinheim, Birkenau /NSR/

Tvrdoměr fy Frank, zobrazený na obr.2.2.1-1, byl původně vyvinut pro zkoušky tvrdosti gumy. Pro měření tvrdosti návinů na cívkách bylo nutno upevnit na zkušebním stole 1 vodící lištu 2, na které jsou posuvně uloženy saně 3 s kuželovou cívkou 4. Když se saně posouvají po vodící liště, mohou se podél horní povrchové přímky cívky provádět měření, přitom je možné cívkou v saních natáčet a rozdělit body měření po celém povrchu cívky. Opěrná plocha 10 měřicí hlavy 5 se dá pomocí kulového kloubu nastavit rovnoběžně k povrchové přímce cívky. Měřicí hlava je pomocí kloubu spojena s kruhovou tyčí 6, vedenou v ložisku 7 a opatřenou zatěžovacím závažím 8.

Při měření se zkušební stůl i s měřenou cívkou pomocí ruční páky 9 zvedá, až dosáhne povrchová přímka cívky měřicí hlavy. Při dalším pohybu zkušebního stolu nahoru je zvedána i měřicí hlava a pomocí zatěžovacího závaží 8 je přitlačována konstantním přitlakem na povrch cívky. Důsledkem odporu, kterým působí návin na cívce proti vnikání vnikacího tělíska 11, je toto tělísko odtlačováno proti síle pružiny, které je v měřicí hlavě. Tento zpětný pohyb vnikacího tělíska se pak přenáší na stupnici měřicí hlavy. Vnikací tělísko je zatlačeno do měřicí hlavy tím méně, čím hlouběji je zatlačeno do návinu cívky, t.j. čím měkčí je cívka.

U tvrdoměru fy Frank má měřicí hlava rovnou opěrnou plochu a vnikací tělísko tvar komolého kužele s plochou 1 mm^2 v místě dotyku.

- 1 ZKUŠEBNÍ STŮL
- 2 VODÍCÍ LIŠTA
- 3 SANĚ
- 4 KUŽELOVÁ CÍVKA
- 5 MĚŘÍCÍ HLAVA
- 6 KRUHOVÁ TYČ
- 7 LOŽISKO
- 8 ZATĚŽOVACÍ ZÁVAŽÍ
- 9 RUCNÍ PÁKA
- 10 OPĚRNÁ PLOCHA MĚŘ. HLAVY
- 11 VNÍKACÍ TĚLÍŠKO



Obr.2.2.1-1 Tvrdoměr fy Frank

Tvrdoměr "Densimeter" firmy Zwick, Einsingen /NSR/

Firma Zwick vyvinula textilní tvrdoměr, označený jako Densimeter typ 3301, speciálně pro měření tvrdosti návinů na cívkách. Cívka není jako u tvrdoměru fy Frank uložena na saních, ale na kuželi 1, jak je zřejmé z obr.2.2.1-2. Tento kužel se nastaví tak, aby horní povrchová přímka cívky měla horizontální směr. Kuželem i s cívkou je opět možno pomocí posuvně uložených saní 3 posouvat.

Nastavení zátěže i způsob měření tvrdosti jsou stejné, jako u tvrdoměru fy Frank. Odlišné je provedení opěrné plochy měřicí hlavy a tvaru vnikacího tělíska. Densimeter 3301 má zakřivenou opěrnou plochu s poloměrem křivosti 45 mm a vnikací tělísko kulovitěho tvaru o průměru 2,5 mm. Pro hrubé příze se používá měřicí hlava s vnikacím tělískem kulovitěho tvaru průměru 5 mm, tento tvrdoměr je označován jako Densimeter 3302.

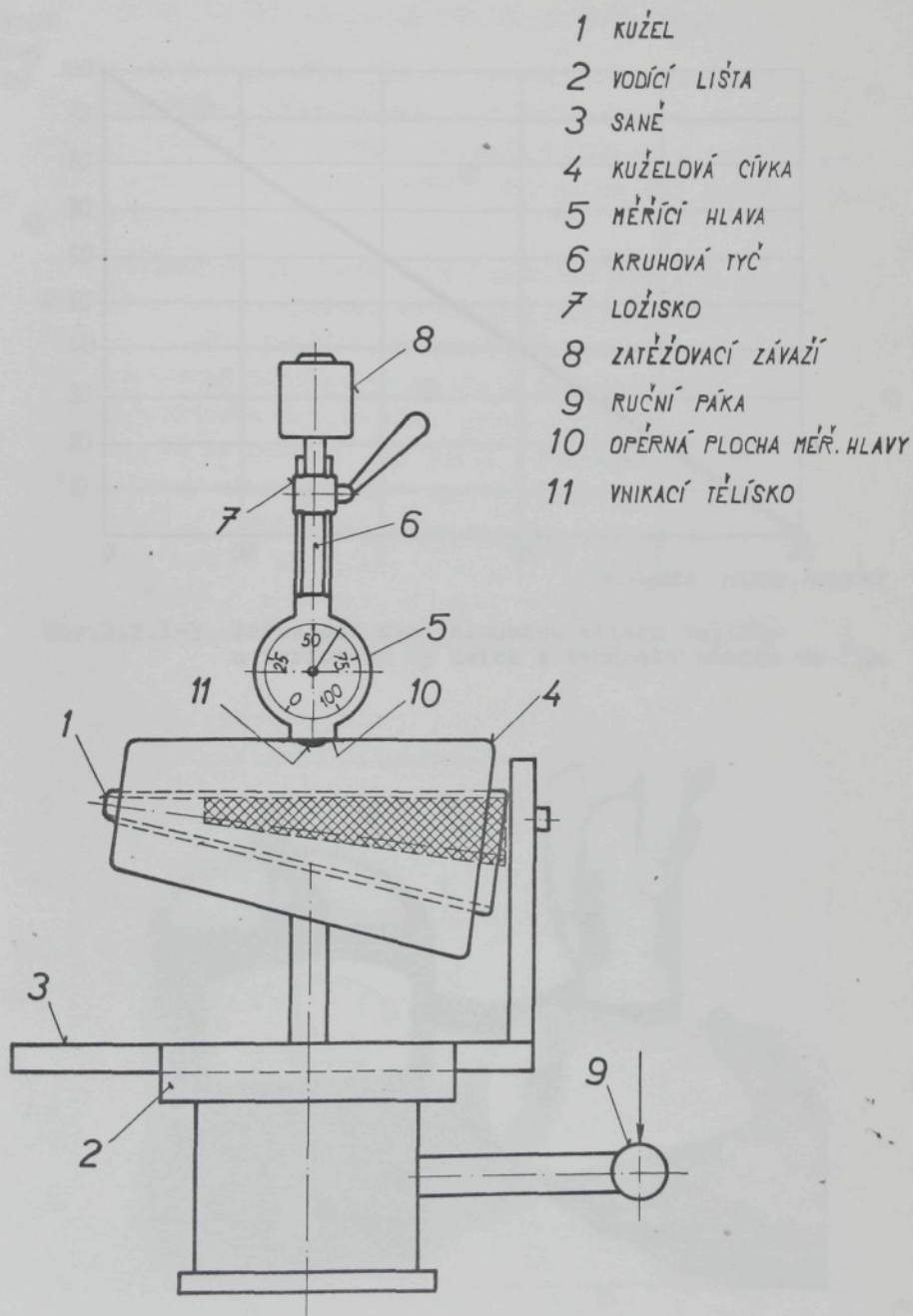
Podle firemních údajů se musí při měření uvažovat s měřicí tolerancí $\pm 2,5\%$. Souvislost mezi hloubkou vtisku kuličky a tvrdostí návinu ve $^{\circ}\text{Sh}$ je znázorněna na obr. 2.2.1-3.

Tvrdoměr "Durometr T-1" /Strandberg Engineering

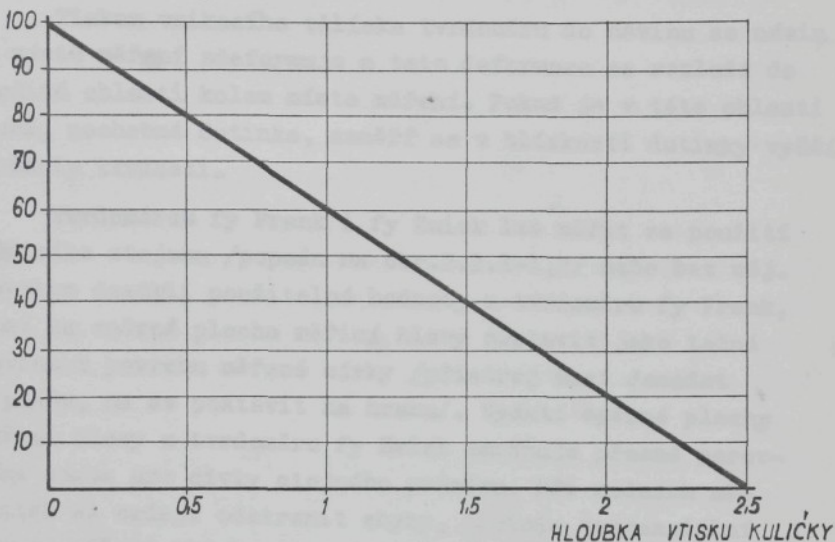
Laboratories, Inc., Greensboro, Severní Karolina-USA/

Tvrdoměr Durometr T-1 podle obr.2.2.1-4 byl vyvinut speciálně pro použití u textilních návinů a gumových válců. Tvrdost cívky, osnovního válu nebo gumového válce se určuje podle schopnosti vniknutí kuličky, zatížené pružinou, která se pevně přitlačuje ke zkoušenému materiálu.

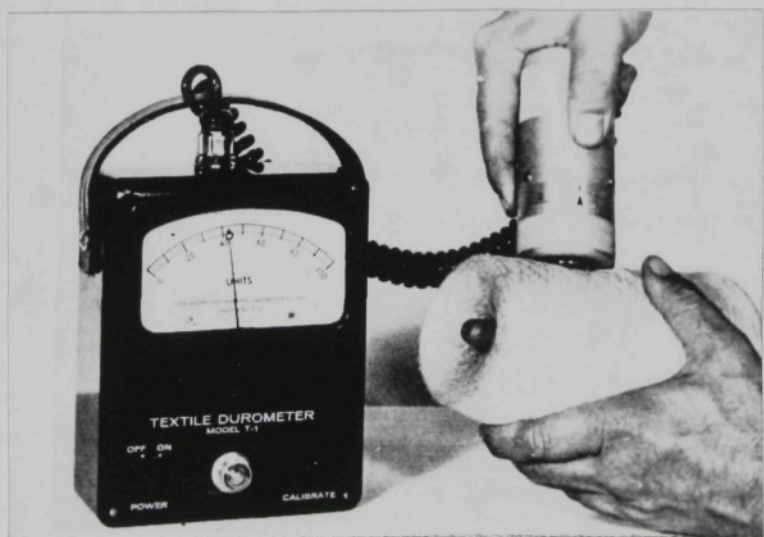
Potenciometr měří zátěžnou sílu, jež je vyvolávána textilním návinem nebo gumovým válcem při třech volitelných rozsazích stupně vnikání /vtisku/. Měření se musí provádět podél osy cívky nebo válce.



Obr.2.2.1-2 Tvrdoměr "Densimeter" fy Zwick

TVRDOT
NÁVINU
[°Sh]

Obr.2.2.1-3 Závislost mezi hloubkou vtisku kuličky u tvrdoměru fy Zwick a tvrdostí návinu ve °Sh



Obr.2.2.1-4 Tvrdoměr "Durometr T-1"

2.2.2. Vliv zkušebních podmínek na tvrdost návinu

Tlakem vnikacího tělíska tvrdoměru do návinu se návin v místě měření zdeformuje a tato deformace se rozloží do určité oblasti kolem místa měření. Pokud je v této oblasti tuhá, neohebná dutinka, naměří se v blízkosti dutinky vyšší hodnoty tvrdosti.

Tvrdoměrem fy Frank i fy Zwick lze měřit za použití měřicího stojanu /popsán na obr.2.2.1-1,2/ nebo bez něj. Abychom dostali použitelné hodnoty u tvrdoměru fy Frank, musí se opěrná plocha měřicí hlavy nastavit jako tečná rovina k povrchu měřené cívky /přístroj musí dosedat v ploše, ne se postavit na hranu/. Vydutí opěrné plochy měřicí hlavy u tvrdoměru fy Zwick umožňuje přesné porovnání pouze pro cívky stejného průměru. Při ručních měřeních se nedají odstranit chyby, protože tangenciální roviny opěrné plochy měřicí hlavy tvrdoměru a měřené cívky se nenastaví tak přesně, jak by to vyžadovala přesnost měření.

Wegener porovnával výsledky při měření tvrdosti návinů [9,16] a zjistil, že průměrné naměřené hodnoty tvrdoměrem fy Frank jsou o něco vyšší, než v případě použití tvrdoměru fy Zwick. Oblast důvěryhodných hodnot při použití obou tvrdoměrů je však stejná.

Na hodnoty měřené tvrdosti návinů mají dále vliv velikost zatížení měřicí hlavy, rychlost zatěžování a doba působení zátěže.

Při ručním měření se nedá přítlačná síla měřicí hlavy udržet konstantně. Při použití měřicího stojanu u zmíněných tvrdoměrů byla zvolena hmotnost zatěžovacího závaží 1 kg. Jestliže se zvětšuje zatížení měřicí hlavy, stoupá měřená tvrdost cívky. U měkkých cívek má zatížení měřicí hlavy větší vliv na hodnoty naměřené tvrdosti než u cívek tvrdě nasoukaných.

Protože se v případě použití měřicího stojanu zvedá cívka pomocí ruční páky proti zatížené měřicí hlavě, je rychlost zatěžování odlišná u každé osoby, která provádí měření. Vliv zatěžovací rychlosti na tvrdost návinnu cívky je celkem nepatrný. Při nárazově prováděném zatížení jsou naměřené hodnoty tvrdosti poněkud vyšší, než při rovnoměrně a pomalu působícím zatížení.

Doba působení zátěže je vlastně doba od zatížení měřicí hlavy do odečtení naměřené hodnoty tvrdosti. S postupující dobou působení zátěže nepatrně klesá tvrdost cívky, u měkké cívky poněkud více, než u tvrdé. Na měřicím stojanu tvrdoměru fy Zwick je signální zařízení, které signalizuje dobu 3 s.

Vyjmenované vlivy samy o sobě relativně málo ovlivňují hodnotu tvrdosti, jestliže se však tyto vlivy nepříznivě překrývají, může dojít k nepříjemnému ovlivnění naměřené hodnoty tvrdosti. Řešení je však poměrně snadné a spočívalo by v určení a normování podmínek měření.

Určitou roli hraje také místo, ve kterém se měří tvrdost. Opěrná plocha měřicí hlavy se dotýká cívky na vnějším překřížení nití a jestliže vnikací tělísko vnikne do prostoru mezi body překřížení, pak se při zvedání cívky setká s odporem teprve později a naměří se nižší hodnota tvrdosti, než když narazí vnikací tělísko přímo na místo překřížení.

2.2.3 Závislost tvrdosti návinnu na podmínkách při soukání

V praxi se provádějí měření tvrdosti obvykle na plných cívkách. Zjišťování tvrdosti uvnitř návinnu se může provádět během navíjení nebo odvíjení, při odvíjení jsou přitom naměřovány vyšší hodnoty tvrdosti, než při navíjení. V obou případech však naměřené hodnoty neodpovídají skutečným hodnotám tvrdosti uvnitř plně nasoukané cívky a jsou ve skutečnosti nižší. Naměřené hodnoty tvrdosti při

navíjení /soukání/ nelze považovat za skutečné rozložení tvrdosti uvnitř návínu, protože se tyto hodnoty působením tlaku dále navíjených vrstev mění. Hodnoty tvrdosti, naměřené při odvíjení opět neodpovídají skutečnosti, protože se při odvíjení ztrácí elastická deformace návínu, která je spolu s plastickou deformací návínu vyvolávána tlakem mezi vrstvami vinutí.

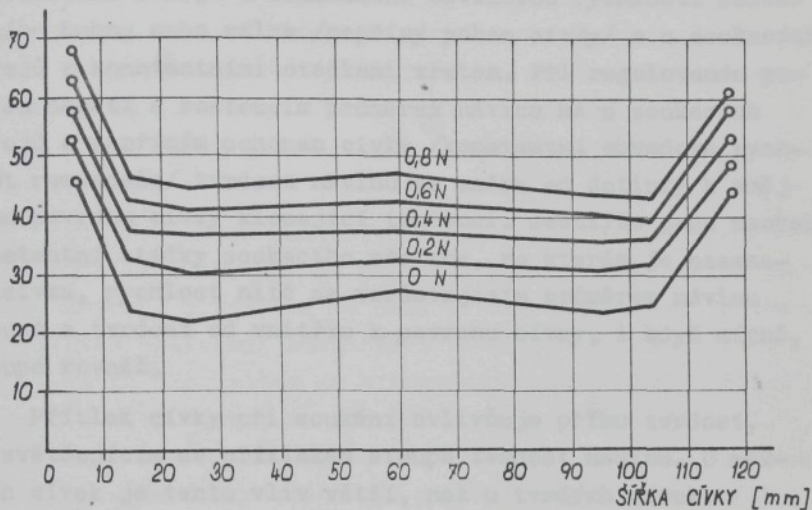
I když měření tvrdosti návínu poskytuje výsledky spíše informativní a porovnávací, jedná se o vyhodnocovací metodu provozně jednoduchou a v praxi používanou, která se proto stala předmětem i některých již zmíněných odborných pojednání.

U nasoukaných cívek je možno pozorovat zvýšení tvrdosti u čel cívky, což je možno vysvětlit tím, že se při soukání hromadí nejvíce nití v krajích a nastává tam zvýšení hustoty návínu. Při měření tvrdosti u různých druhů materiálů [12] bylo zjištěno, že toto zvýšení tvrdosti u čel, oproti tvrdosti ve střední části cívky, je značné. Na obr. 2.2.3-1 je znázorněna závislost tvrdosti návínu na šířce cívky a na napětí při soukání u polyesterové příze.

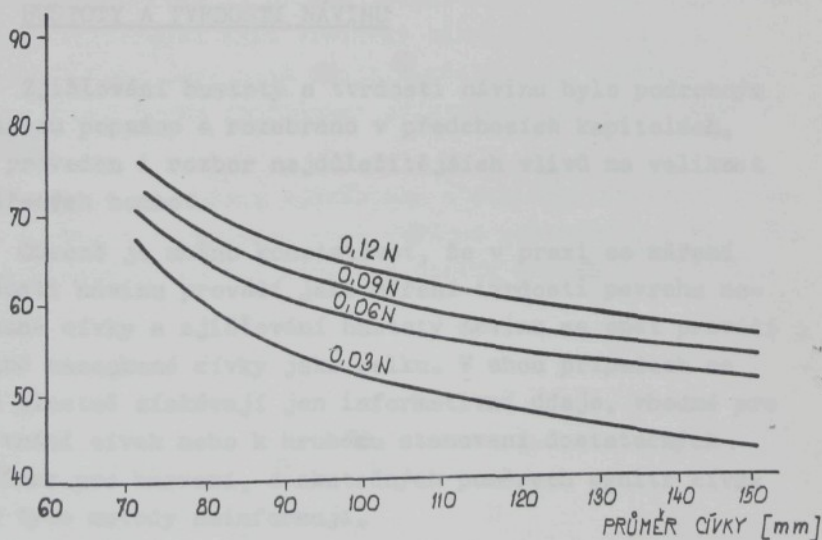
Deformace nasoukaných cívek, způsobené při jejich skladování, se také projevují na tvrdosti cívek - tvrdost se v místech zdeformování návínu zvyšuje. S dobou skladování však celková tvrdost cívky klesá.

Hodnotu tvrdosti návínu, stejně jako hodnotu hustoty, pochopitelně ovlivňují různé vlivy při soukání, z nichž je možno uvést např. napětí při soukání, soukací rychlost, přítlak cívky a pod.

Napětí nitě při soukání podstatně ovlivňuje tvrdost návínu cívky. Čím větší je napětí nitě, tím větší je tvrdost návínu. Tvrdost návínu ve směru od dutinky k vnějšímu povrchu cívky značně klesá a křivky pro různé hodnoty napětí při soukání pak probíhají paralelně s klesajícím průběhem tvrdosti při narůstání průměru cívky [9], jak znázorňuje obr.2.2.3-2.

TVRDOST
NÁVINU
[°Sh]

Obr.2.2.3-1 Závislost tvrdosti návinu na šířce cívky a napětí při soukání /PES/

TVRDOST
NÁVINU
[°Sh]

Obr.2.2.3-2 Tvrdost návinu v závislosti na průměru cívky a napětí při soukání /PAD/

Vliv rychlosti navíjení na tvrdost návinu je odlišný u soukacích strojů s konstantní obvodovou rychlostí rozváděcího bubnu nebo válce /nepřímý pohon cívky/ a u soukacích strojů s konstantními otáčkami vřeten. Při regulovaném poklesu napětí s rostoucím průměrem návinu má u soukacích strojů s nepřímým pohonem cívky /konstantní obvodová rychlost rozváděče/ tvrdost návinu ve směru od dutinky k vnějšímu povrchu cívky klesající tendenci. Jestliže jsou naopak konstantní otáčky soukacího vřetene, na kterém je nasazena cívka, rychlost nitě se vzrůstajícím průměrem návinu stoupá a tvrdost od vnitřku k povrchu cívky, i když mírně, stoupá rovněž.

Přítlak cívky při soukání ovlivňuje přímo tvrdost, se zvětšujícím se přítlakem stoupá tvrdost návinu. U měkkých cívek je tento vliv větší, než u tvrdých cívek.

2.3 POROVNÁNÍ A ZHODNOCENÍ METOD ZJIŠŤOVÁNÍ HUSTOTY A TVRDOSTI NÁVINU

Zjišťování hustoty a tvrdosti návinu bylo podrobným způsobem popsáno a rozebráno v předchozích kapitolách, byl proveden i rozbor nejdůležitějších vlivů na velikost naměřených hodnot.

Obecně je možno konstatovat, že v praxi se měření tvrdosti návinu provádí jako měření tvrdosti povrchu nasoukané cívky a zjišťování hustoty návinu se opět provádí u plně nasoukané cívky jako celku. V obou případech se tedy vlastně získávají jen informativní údaje, vhodné pro porovnání cívek nebo k hrubému stanovení dostatečných podmínek pro barvení, o skutečných poměrech uvnitř cívky však tyto metody neinformují.

Je otázkou, které z metod připsat větší význam při posuzování cívek. Hustota návinnu cívky má jistě velký význam na schopnost barvicí lázně pronikat návinnem. Z tvrdosti návinnu nemůže být ale přímo pro praxi vyvozena žádná důležitá vlastnost cívky. Měří se vlastně jen odpor, který návinn klade vnikání určitého tělíska, což je ovšem případ, který v praxi nenastává.

Pro rovnoměrné probarvení cívek, ale i z hlediska vlastní stavby návinnu, je důležité znát poměry uvnitř návinnu. Měření, prováděná na plné cívce, nepostačují k tomu, aby určila rozložení hustoty či tvrdosti uvnitř návinnu. Při použití obou metod ke stanovení hustoty nebo tvrdosti vinutí uvnitř cívky, ať již při navíjení nebo odvíjení, se z dříve uvedených důvodů nezískávají věrohodné výsledky, které by odpovídaly skutečným poměrům uvnitř plně nasoukané cívky.

Pomocí uvedených metod hodnocení návinnu se získává napříliš přesné popsání stavu navinutého materiálu a je otázkou, zda se konkrétně např. význam měření tvrdosti návinnu nepřeceňuje. Mnohem důležitější by bylo zjišťovat tlak, existující mezi vrstvami vinutí. Z toho se dá usoudit, jak jsou nitě v místě překřížení vzájemně stlačeny a jak budou zabráňovat případnému pronikání barvicí lázně.

Proto je otázce zjišťování tlaku mezi vrstvami vinutí věnována v poslední době zvýšená pozornost, i když jde z hlediska vlastního měření o otázku mnohem složitější.

3. ZJIŠŤOVÁNÍ TLAKU VINUTÍ V KŘÍŽEM SOUKANÝCH CÍVKÁCH

3.1 TEORETICKÉ STANOVENÍ TLAKU V CÍVKÁCH

Z hlediska potřeby znát tlakové poměry v cívkách i změny tlaku při různých podmínkách soukání by bylo určení tlaku matematickou cestou velice výhodné. Matematické vyjádření skutečného tlaku v návínu je však složité a výsledky výpočtu většinou neodpovídají skutečnosti.

Otázce výpočtu tlaku nití v návínu, hlavně pak tlaku nití na nosné těleso návínu, je věnováno již více prací. Vzorce pro teoretický výpočet tlaku jsou jednotlivými autory odvozovány za zjednodušujících podmínek, takže je možné považovat je jen za přibližné stanovení skutečných hodnot tlaku v návínu.

Posouzení odvozených vzorců pro výpočet tlaku není dost dobře možné, protože dosud nejsou vyvinuty experimentální metody měření tlaku v návínech, pomocí nichž by se dalo provést porovnání výsledků. Za výjimku je možno považovat obsáhlejší práci Wegenera [17], který odvodil vztahy pro výpočet tlaku vinutí v cívkách válcového tvaru a vypočtené hodnoty tlaku porovnával s hodnotami experimentálně zjištěnými. Konfrontací výsledků zjistil, že teoreticky vypočtené hodnoty tlaku vycházely v tomto případě 8-krát vyšší, než byly hodnoty tlaku skutečně naměřené.

V další části jsou uvedeny některými autory teoreticky odvozené vzorce pro výpočet tlaku v cívkách válcového a kuželového tvaru, které byly zjištěny při literárním průzkumu. Vzorce jsou uváděny ve stejném tvaru, jak je odvodili jednotliví autoři, změněna byla pouze některá označení veličin tak, aby opakovaně se vyskytující veličiny byly v této práci uváděny jednotnými znaky.

3.1.1 Výpočet tlaku podle Wegenera-Schuberta

Wegener a Schubert odvodili vztahy pro výpočet tlaku v cívkách válcového tvaru s rovnoběžným nebo křížovým vinutím [17]. Při odvozování těchto dále uvedených vztahů byly učiněny některé zjednodušující předpoklady /jsou uvedeny u příslušných vztahů/, které nutně ovlivňují přesnost odvozených vztahů. Tak např. pro zcela přesné posouzení by nebylo možné experimentálně zjišťovanou hustotu vrstev vinutí v radiálním směru považovat za konstantní, protože se vlivem radiálního stlačování návinnu mění. Stejně tak předpokladu konstantní hustoty závitů ve vrstvě v axiálním směru neodpovídá skutečnost, že jednak délka vrstvy vinutí neodpovídá přesně zdvihu niťového vodiče a také že se návinn v axiálním směru deformuje.

Tyto a některé další zjednodušující předpoklady se vyskytují i u matematických vztahů pro výpočet tlaku, odvozených jinými autory. Přesto je možno podle provedeného průzkumu konstatovat, že Wegener se Schubertem jako první odvodili matematicky vztahy pro stanovení tlaku vinutí, které poskytly alespoň rámcově informace o do té doby neznámých hodnotách tlaku v návinech.

Válcové cívky s rovnoběžným vinutím

Nitě, které jsou navíjeny s rovnoběžným vinutím mají velmi malé stoupání, takže úhel stoupání je v odvozeném vztahu pominut. Při odvozování dále uvedeného vztahu pro tlak v návinnu se předpokládalo, že napětí nitě při soukání, hustota závitů ve vrstvě v axiálním směru a hustota vrstev v radiálním směru jsou konstantní.

Tlak na nosné těleso návinnu /dutinku/

$$p = P \cdot n_v \cdot n_o \cdot \frac{r_2}{r_1} - 1$$

p - zjišťovaná hodnota tlaku

P - napětí nitě při soukání

n_o - hustota závitů ve vrstvě
v axiálním směru

n_v - hustota vrstev v radiálním
směru

r_2 - poloměr nasoukané cívky

r_1 - poloměr dutinky

Tlak na libovolnou vrstvu vinutí

vypočítá se podle stejného vztahu, ve kterém se poloměr dutinky r_1 nahradí poloměrem příslušné vrstvy vinutí r .

$$p = P \cdot n_v \cdot n_o / \frac{r_2}{r} - 1 /$$

Válcové cívky s křížovým vinutím

Na rozdíl od válcových cívek s rovnoběžným vinutím je nutno v tomto případě uvažovat i vliv úhlu stoupání nití α .

a/ Cívky s tangenciálním /nepřímým/ pohonem

Při soukání s tangenciálním pohonem cívek je úhel stoupání nití během soukání konstantní a v tomto případě je možno vypočítat hustotu závitů ve vrstvě v axiálním směru podle vztahu

$$n_o = \frac{1}{2\pi \cdot r \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

n_o - hustota závitů ve vrstvě
v axiálním směru

r - poloměr vrstvy vinutí

α - úhel stoupání nití

Dále platí pro tangenciální pohon cívky, že

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{v_r}{v_o} = \text{konst}$$

v_r - rozváděcí rychlost nitě
/rychlost v axiálním směru/

v_o - obvodová rychlost cívky

Tlak na dutinku

při respektování těchto vztahů a pro případ, že napětí nitě při soukání P a hustota vrstev vinutí v radiálním směru n_v jsou konstantní, bude mít hodnotu

$$P = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1} \cdot P \cdot n_v \cdot v_o}{2\pi \cdot r_l \cdot v_r \sqrt{1 + \left(\frac{v_r}{v_o}\right)^2}}$$

Tlak na libovolnou vrstvu vinutí

se vypočítá podle stejného vzorce, ve kterém se opět poloměr dutinky r_l musí nahradit poloměrem vrstvy vinutí r .

b/ Přesné křížem soukané cívky

U přesných křížem soukaných cívek se úhel stoupání nití α zmenšuje s rostoucím průměrem návinnu.

U válcových přesných křížem soukaných cívek s kolnými čelními plochami je možno kosinus úhlu stoupání vypočítat ze vztahu

$$\cos \alpha = \frac{r}{\sqrt{\left(\frac{L \cdot n_z}{\pi \cdot n}\right)^2 + r^2}}$$

- α - úhel stoupání nitě
- r - poloměr vrstvy vinutí
- L - délka vrstvy vinutí
/v tomto případě konstantní/
- n_z - počet dvojzdvihů vodiče
nití za jednotku času
- n - počet otáček vřetene za
jednotku času

Pro přesné soukání platí, že $\frac{n_z}{n} = \text{konst}$ a tedy také hustota závitů v axiálním směru má konstantní hodnotu

$$n_0 = \frac{n}{n_z \cdot 2L}$$

Tlak na dutinku

za předpokladu konstantního napětí soukané nitě p a konstantní hustoty vrstev v radiálním směru n_v se potom vypočítá podle vzorce

$$p = \frac{P \cdot n_v \cdot n}{2r_1 \cdot n_z \cdot L} \left[\left(\frac{L \cdot n_z}{\pi \cdot n} \right)^2 + r_2^2 - \left[\left(\frac{L \cdot n_z}{\pi \cdot n} \right)^2 + r_1^2 \right] \right]$$

Tlak na libovolnou vrstvu vinutí

se získá ze stejného vzorce, když se nahradí poloměr dutinky r_1 poloměrem příslušné vrstvy vinutí r .

U válcových přesných křížem soukaných cívek se šikmými čelními plochami se mění úhel stoupání se vzrůstajícím průměrem cívky v souvislosti se zkracováním zdvihu. Pro tento druh cívek, u kterých je odlišný výpočet tlaku ve válcové části a v sešikmené části vinutí, uvádějí autoři rovněž příslušné vzorce.

Pokud by byl znám průběh veličin, považovaných v dříve uvedených výpočtech za konstantní, v závislosti na průměru návinnu, bylo by možno zahrnout změny těchto veličin v závislosti na průměru při integraci odvozených vztahů a tím výsledné vztahy pro výpočet tlaku upřesnit.

3.1.2 Výpočet tlaku podle Stěpanova-Savvina

Autoři ve své práci [18] odvozují vztahy pro určení tlaku vinutí, působícího na válcovou dutinku bez přírub, jako funkce poměrového napětí v nití a tloušťky vrstvy nití při rovnoběžném a křížovém vinutí. Vzorec pro tlak na dutinku je principiálně odvozován na základě vztahu pro výpočet obvodového napětí u dutého tenkostěnného válce, přičemž autoři rozdělují těleso návinnu na jednotlivé vrstvy vinutí, ve kterých postupně vypočítávají hodnoty poměrového napětí nití. Přepočtem tohoto napětí v jednotlivých vrstvách návinnu na tlak podle zmíněného způsobu výpočtu dutého tenkostěnného válce byly získány následující vztahy:

Tlak na dutinku při rovnoběžném vinutí nití

$$p = \frac{s \cdot \psi}{r_1} \left[n'_v \cdot k \cdot \sigma - E \cdot A/\sigma' \right]$$

s - tloušťka jedné vrstvy vinutí
v rad. směru

ψ - koeficient zaplnění vrstvy nití

$$\psi = \frac{n'_o \cdot F_n}{F_s}$$

n'_o - počet nití ve vrstvě

F_n - plocha průřezu 1 nitě

F_s - plocha uvažované vrstvy nití

r_1 - poloměr dutinky

n'_v - počet vrstev vinutí v radiálním směru

k - koeficient relaxace /vlivem radiálního přemístění vrstev vinutí nití v návinnu se zmenšuje délka ovinnutí/

σ - poměrové napětí v nití

$$\sigma = \frac{P_n}{F_n} \quad \begin{array}{l} P_n - \text{tažná síla /napětí/} \\ \text{nitě} \\ F_n - \text{plocha průřezu 1 nitě} \end{array}$$

E - modul pružnosti nitě v tahu

A/σ/- celkový součet poměrových napětí
z jednotlivých vrstev vinutí
/vypočítávaných z hodnot pružné
radiální deformace v jednotli-
vých vrstvách vinutí/

Tlak na dutinku při křížovém vinutí nití

$$p = \frac{s \cdot \psi \cdot \sin^2 \alpha}{r_1} \left[n_v \cdot k \cdot \sigma - E \cdot A/\sigma \right]$$

Uvedené vzorce znázorňují proces změny tlaku na du-
tinku při tvoření návinnu se zřetelem k relaxačním proce-
sům, probíhajícím v nitě. V práci není uveden praktický
příklad výpočtu a z popisu není zcela jasné určení hodnoty
koeficientu relaxace k a pružné radiální deformace jednotli-
vých vrstev pro stanovení celkového součtu poměrových na-
pětí z jednotlivých vrstev vinutí A/σ .

3.1.3 Výpočet tlaku podle Liuta

Liute se zabýval výpočtem tlaku v kuželových cívkách
[19]. Zjednodušením odvozeného vztahu pro kuželové cívky
získal dále vztahy pro výpočet tlaku ve válcových cívkách
s křížovým nebo rovnoběžným vinutím.

Kuželové cívky s křížovým vinutím

Tlak na dutinku

$$p = \frac{2000 \cdot P \cdot \gamma \cdot \cos^2 \alpha_m \cdot \cos^2 \beta / r_2' - r_1'}{}$$

- p - zjišťovaná hodnota tlaku
 P - napětí nitě /tažná síla/ při soukání
 α_m - průměrný úhel vinutí na cívce
 β - poloviční úhel kužele cívky
 γ - hustota návinu
 r_1' - poloměr dutinky u malého čela cívky
 r_1'' - poloměr dutinky u velkého čela cívky
 r_2' - poloměr plně nasoukané cívky u malého čela
 T_t - jemnost příze v tex

Tlak ve vrstvě vinutí

vypočítá se v tomto i v dalších případech tak, že se v odvozeném vztahu pro výpočet tlaku na dutinku nahradí uvažované poloměry dutinky hodnotami poloměru vrstvy vinutí, ve které se sleduje tlak.

Válcové cívky s křížovým vinutímTlak na dutinku

$$p = \frac{1\,000 \cdot P \cdot \gamma \cdot \cos^2 \alpha / r_2 - r_1}{T_t \cdot r_1}$$

r_1 - poloměr dutinky

r_2 - poloměr plně nasoukané cívky

Válcové cívky s rovnoběžným vinutímTlak na dutinku

$$p = \frac{1\,000 \cdot P \cdot \gamma \cdot / r_2 - r_1}{T_t \cdot r_1}$$

Uvedené vzorce platí pro plně nasoukané cívky. Ve zmíněném pojednání [19] jsou uvedeny i vzorce pro výpočet tlaku v návinu při navíjení nitě na cívku. Rotačním pohybem

cívky při soukání vzniká odstředivá síla, které pochopitelně snižuje velikost tlaku v návínu při jeho utváření. Pro praxi je však důležitější znát tlakové poměry v klidovém stavu u plně nasoukaných cívek.

Liute ve snaze odvodit co nejobecněji platný vztah pro určení velikosti tlaku v cívkách teoreticky odvodil vzorec pro výpočet tlaku v bikonické cívce [20]. Odvozený vzorec v konečném tvaru je však značně složitý a vyskytují se v něm koeficienty, označované jako konstanty cívky, které nejsou v práci blíže specifikovány. Z tohoto důvodu není vzorec na tomto místě uveden.

Výpočtem tlaku nití v návínech se zabývali i někteří další autoři, v této kapitole jsou uvedeny pouze výsledky prací, které se týkají soukání válcových a kuželových cívek. Pro doplnění je možné uvést odkaz i na některé další práce, které teoreticky řeší otázku tlaku v jiných druzích návínu nebo ji řeší příliš obecně [21,22,33].

3.2 EXPERIMENTÁLNÍ ZJIŠŤOVÁNÍ TLAKU V KŘÍŽEM SOUKANÝCH CÍVKÁCH

Při vývoji textilních strojů byly v posledních letech ve snaze o další zvyšování výkonů zvýšeny jak rychlosti odvíjení z předlohových cívek, tak i rychlosti při jejich navíjení. V důsledku zvýšené rychlosti navíjení nutně dochází k zvýšení napětí nití, jež přímo ovlivňuje tlakové poměry v cívkách. Nerovnoměrné rozdělení tlaku v návínu nebo jeho příliš velká hodnota, jak již bylo řečeno, působí potíže u barvení cívek, ovlivňuje vlastnosti navinutých nití a způsobuje i deformace dutinek a samotných návínů, jež se pak nepříznivě projevují při pozdějším odvíjení. Kromě toho jsou útkové nitě u bezčlunkových tkacích strojů odvíjeny přímo z křížových cívek, čímž rovněž stoupají požadavky na jakost soukaných cívek.

Ve snaze řešit kvalitativní problémy u přípravy předlohových cívek se pro stanovení přípustné hranice namáhání nití v návínech uplatňuje hledisko velikosti tlaku mezi vrstvami vinutí.

Jak je zřejmé z předchozí kapitoly, při hodnocení tlaku v návínu matematickou cestou se vyskytuje příliš mnoho faktorů nejistoty a odvozené vztahy nepopisují dostatečně přesně skutečný stav tlaku v návínu, proto bude zapotřebí při sledování tohoto problému měřit tlak přímo.

3.2.1 Stávající metody měření tlaku a jejich hodnocení

Pokud se týká měření tlaku v návinech, zajímá nás jednak tlak na nosné těleso návinu /dutinku/ a dále tlak mezi vrstvami vinutí. Přitom ale nejde jen o jednorázové určení velikosti tlaku v závislosti na podmínkách soukání a skládání, ale i o jeho časový průběh.

Problémem měření tlaku v návinech se jako první zabýval Prof. Dr. Ing. habil Dr. Ing. Wegener z NSR s kolektivem svých spolupracovníků a odkaz na jeho první zveřejněný článek o experimentálním zjišťování tlaku [17] se objevuje prakticky v pojednáních všech ostatních autorů, kteří se problematikou tlaku v návinech zabývali.

Metoda měření tlaku na principu měřicí dutinky, kterou navrhl Wegener, vcelku řeší otázku zjišťování tlaku nití na dutinku, i když jde o metodu výrobně i provozně značně složitou. Otázka zjišťování tlaku mezi vrstvami vinutí však dosud nebyla uspokojivě vyřešena.

3.2.1.1 Měření tlaku pomocí speciálně zkonstruované měřicí dutinky

Při měření tlaku navinutých nití na dutinku se nahrazuje v provozu běžně používaná dutinka speciálně zkonstruovanou měřicí dutinkou stejného tvaru. Způsob měření tlaku za pomoci speciální měřicí dutinky je založen na měření tlakem vinutí způsobeného prohnutí listové pružiny, opatřené drátkovým tenzometrem. Do měřicí dutinky jsou zabudovány snímače, konstruované na výše uvedeném principu, přičemž tlak vinutí působí na posuvný blok snímače, který se podle velikosti tlaku zasouvá do tělesa dutinky a způsobuje měřené prohnutí pružiny. Podle registrovaného prohnutí pružiny, zjišťovaného zmíněným drátkovým tenzometrem, se při cejchování usuzuje na velikost tlaku vinutí na dutinku.

Tento způsob měření tlaku vinutí na dutinku, jak již bylo řečeno, navrhl Wegener [17,24] a na stejném principu byla provedena některá měření i jinými autory [12,25].

Měření tlaku vinutí na měřicí dutinku

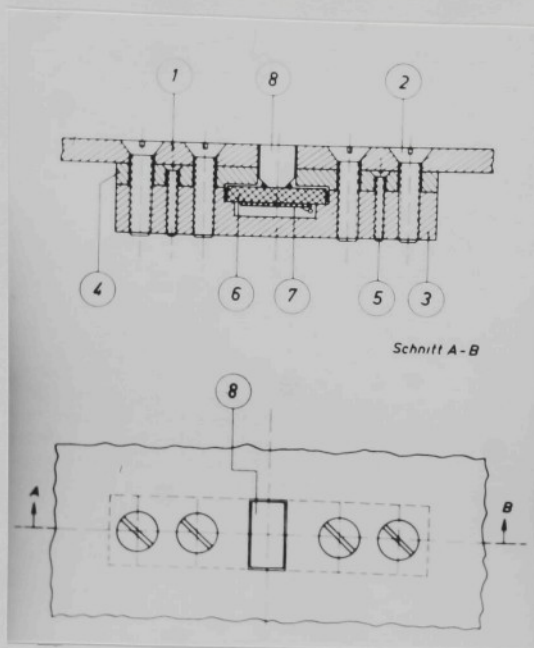
Na obr.3.2.1.1-1 je znázorněn řez snimačem tlaku měřicí dutinky. Podle obrázku je k plášti dutinky 1 upevněn pomocí čtyř zapuštěných šroubů 2 průchozí můstek 3, mezi pláštěm dutinky a můstkem je pak ze dvou částí složený mezikus, připevněný k průchozímu můstku pomocí šroubů 5. Do vybrání můstku je vlepena vhodně dimenzovaná listová pružina 6, opatřená na své čelní spodní straně drátkovým tenzometrem 7. K horní čelní straně listové pružiny je přilepen blok 8, který s malou vůlí lícuje do příslušného vybrání stěny dutinky a jeho horní zakřivená plocha je přesně přizpůsobena zakřivení povrchu dutinky. Při měření je tento blok tlakem vinutí posouván a způsobuje prohnutí listové pružiny, které se měří drátkovým odporovým tenzometrem.

Na obr.3.2.1.1-2 je pro představu uvedena měřicí dutinka pro soukání válcových křížových cívek se zabudovanými snimači tlaku.

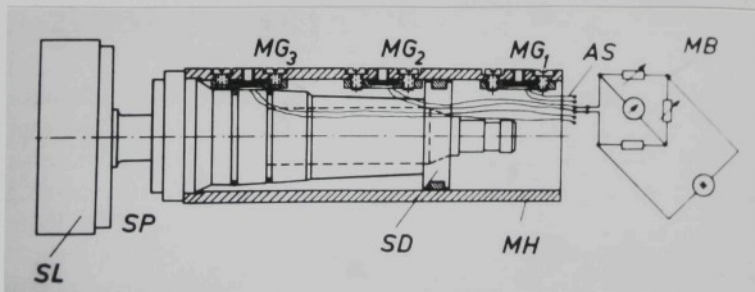
Využití měřicí dutinky pro měření tlaku mezi vrstvami vinutí

V jednom případě, a sice při měření tlaku v cívkách z dlouhících skacích strojů [24], byl učiněn pokus využít měřicí dutinky i pro měření tlaku mezi vrstvami vinutí.

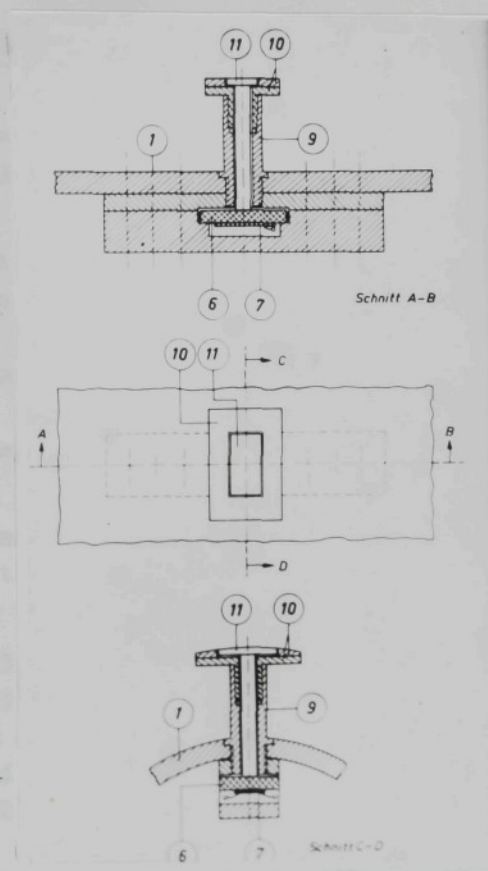
Jak je znázorněno na obr.3.2.1.1-3, je v tomto případě listová pružina 6 snimače tlaku, opatřená drátkovým tenzometrem 7, opět umístěna v měřicí dutince, odlišný je pouze způsob přenosu tlaku vinutí na listovou pružinu.



Obr.3.2.1.1-1 Řez snimačem tlaku měřicí dutinky



Obr.3.2.1.1-2 Měřicí dutinka se zabudovanými snimači tlaku, použitá u měření tlaku v křížem soukaných válcových cívkách



Obr.3.2.1.1-3 Snimač pro měření tlaku mezi vrstvami vinutí
u cívek z dlouhých skacích strojů

Původní pohyblivý blok, který přenášel tlak vinutí na pružinu, je při měření tlaku mezi vrstvami vinutí nahrazen zachycovačem tlaku 11 s obdélníkovou hlavou s kulatým dříkem. Poloměr zakřivení hlavy zachycovače tlaku i délka jeho dříku musí být přizpůsobeny poloměru návinnu v místě měřeného tlaku. Jinak je provedení snimače stejné, jako na obr.3.2.1.1-1.

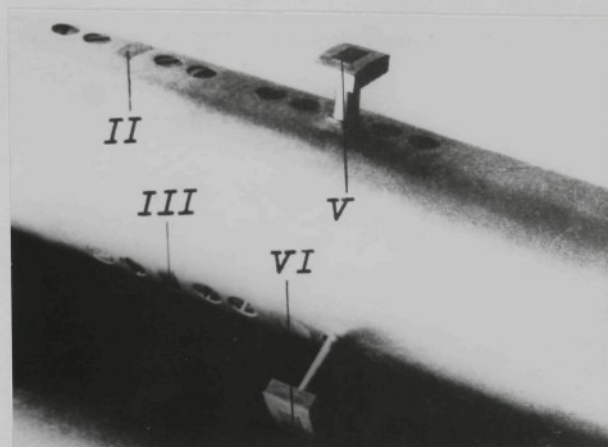
Použití takto provedeného snimače pro měření tlaku mezi vrstvami vinutí je u běžného soukání vyloučené pro potíže při zasoukávání snimače. Opěrná plocha 10 zachycovače tlaku i vlastní zachycovač 11 byly při navíjení na dlouhícím skacím stroji vyšroubovány a nahrazeny zvláštním kolíkem, našroubovaným do rozpěrné trubky 9, který se po dosažení požadovaného průměru návinnu opět odstranil.

Nutnost přesného provedení tohoto konstrukčně komplikovaného snimače tlaku a negativní ovlivnění stavby návinnu velikostí snimače nedávají v tomto případě záruku objektivního zjištění hodnot tlaku.

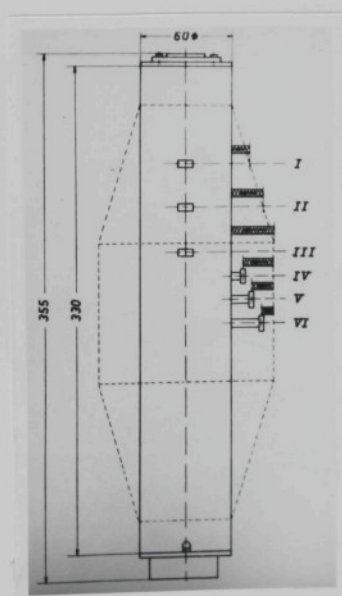
Na obr.3.2.1.1-4 je zobrazena měřicí dutinka a na obr.3.2.1.1-5 schéma rozložení míst měření při popsaném měření tlaku u cívek z dlouhících skacích strojů. Cejchovací zařízení a detail cejchování snimače jsou vidět na obrázcích 3.2.1.1-6 a 3.2.1.1-7.

Měření tlaku mezi vrstvami vinutí pomocí snimače, konstruovaného na principu snimače měřicí dutinky

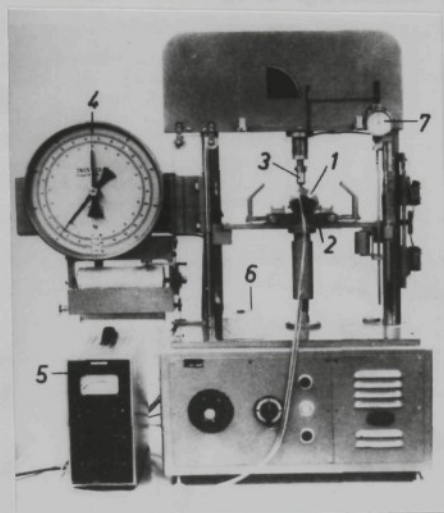
Pro měření tlaku mezi vrstvami vinutí byl Wegenerem [17] zkoušen snimač v principu stejný, jako snimače měřicí dutinky, který se umísťuje do zakřiveného pouzdrového plechu. Tento zakřivený pouzdrový plech segmentového tvaru se zasoukává i se svým snimačem tlaku do návinnu, přičemž poloměr zakřivení vnitřní strany pouzdrového plechu musí souhlasit s poloměrem návinnu v místě měření.



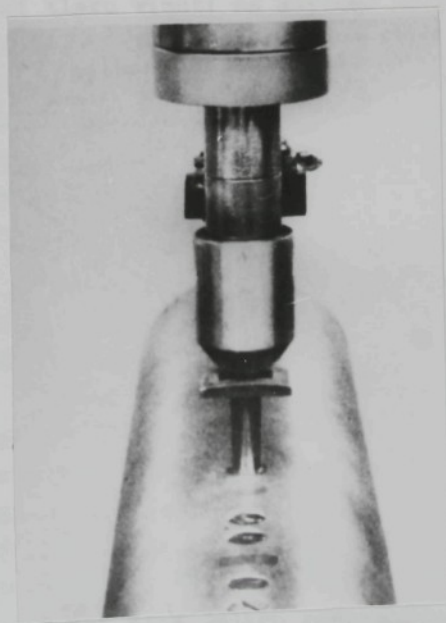
Obr.3.2.1.1-4 Měřicí dutinka použitá u měření tlaku
v cívkách z dloužicích skacích strojů



Obr.3.2.1.1-5 Schema rozložení míst měření



Obr.3.2.1.1-6 Cejchovací zařízení



Obr.3.2.1.1-7 Detailní pohled na cejchování snimače

Takto vytvořený snimač je z výrobního hlediska velmi složitý a navíc je možné ho použít pro měření jen na tom poloměru návinu, který se shoduje s poloměrem zakřivení vnitřní strany pouzdrového plechu. Obzvláště složité by bylo tvarování pouzdrového plechu pro použití u kuželových cívek. Rozměrnost navrhovaného pouzdrového plechu /40x60x3 mm/ ovlivňuje jistě poměry v místě měřeného tlaku. K tomu přistupují i některé dále uváděné problémy při obecném použití snimačů měřicí dutinky.

Celkové posouzení použití měřicí dutinky s snimačů měřicí dutinky pro měření tlaku

Pomocí měřicí dutinky je možno zjišťovat tlaky vinutí na dutinku, použití měřicí dutinky pro zjišťování tlaku mezi vrstvami vinutí nebo použití ke stejnému účelu vytvořeného snimače na principu snimačů měřicí dutinky je možno považovat za vyjimečné a nepřiliš přesné.

Ke zjištění tlaku vinutí na dutinku je při použití této metody nutná složitá příprava měřicí dutinky a pro měření není možno použít libovolnou dutinku, používanou v provozu. Z literárního průzkumu vyplývá, že dosud vyrobené měřicí dutinky byly vždy válcového tvaru, použitelné tedy pro měření tlaku u válcových cívek.

Aby mohly být dosaženy přijatelné výsledky měření, musí posuvný čep snimače, jež přenáší tlak vinutí na listovou pružinu, lícovat s velmi malou vůlí do vybrání měřicí dutinky a rovněž musí s velkou přesností souhlasit povrch posuvného čepu s povrchem měřicí dutinky /co do průměru/. V případě nepřesností při výrobě snimače i měřicí dutinky není možné považovat při měření získané výsledky za věrohodné. Nevýhodou měření je dále to, že i při malých posunech čepu snimače se mění úhel opásání čepu nitěmi a je nutná korektura naměřených hodnot. U snimačů měřicí dutinky je nutné během měření kontrolovat vliv jejich samozahřívání, protože u tenzometrických měření mají změny teplot podstatný vliv na velikost měřených hodnot.

3.2.1.2 Zjišťování tlaku vinutí na dutinku při použití kovové válcové dutinky jako nosného tělesa návinnu

Snaha zjistit velikost tlaku vinutí na dutinku vedla k pokusu [22] nahradit běžně používanou válcovou dutinku cívky dutinkou kovovou a měřit její průhyb, způsobený tlakem navinutých nití. Na vnitřní stranu kovové válcové dutinky byly nalepeny odporové drátkové tenzometry, pomocí nichž byla zjišťována velikost průhybu kovové dutinky. Cejchování bylo prováděno v tlakové komoře, přičemž byly boky válcové kovové dutinky zaslepeny.

Nehledě na jednodušečnost měření a vyjimečné použití válcové kovové dutinky jako nosného tělesa návinnu, neposkytuje porovnání tlakem vinutí způsobené deformace kovové dutinky s její deformací při následném cejchování skutečné hodnoty rozložení tlaku na dutinku.

3.2.1.3 Zjišťování tlaku v návinnu vyhodnocováním deformace zasoukaných lehce tvarovatelných těles

Pro měření tlaku mezi vrstvami vinutí byl rovněž zkoušen snímač tlaku, složený ze dvou ocelových destiček, jež ohraničují k nim přilepené lehce tvarovatelné těleso s uvnitř vlepěným odporovým drátkovým tenzometrem [17]. Snímač převádí radiální tlak mezi vrstvami vinutí na axiální "tečení" lehce tvarovatelného tělesa a tím na protažení v něm vlepěného drátkového tenzometru, které je registrováno s následným cejchem.

Tato metoda měření má však značné nevýhody, a sice - hodnoty měření nejsou reprodukovatelné a nepřesnost měření je poměrně veliká, výchylky měřicího můstku se mění při konstatním zatížení podle času, po odlehčení se již nedocílí nulový bod, použitý druh lepidla ovlivňuje citlivost snímače. Uvedenou metodu je možno použít pouze pro velikostní stanovení tlaku, nikoliv pro zjištění jeho průběhu.

3.2.2 Vlastní návrh měření tlaku

Z rozboru stávajících metod měření tlaku vyplývá, že až na jedinou metodu měření tlaku v návinech za pomoci speciální měřicí dutinky, což je metoda výrobně i provozně složitá a nehodí se pro měření tlaku mezi vrstvami vinutí, nebyla dosud vyvinuta metoda měření tlaku, která by poskytovala objektivní výsledky. Měření tlaku za pomoci měřicí dutinky bylo prováděno pouze u cívek válcového tvaru, měření tlaku v kuželových cívkách nebylo zatím provedeno vůbec.

Nedostatky v kvalitě předlohových cívek vedou, jak již bylo uvedeno, k různým potížím při výrobě a z toho důvodu je zapotřebí upřesnit kritéria pro hodnocení kvality návinnů. K tomu směřuje i vytyčený úkol předkládané kandidátské disertační práce vyvinout metodu měření tlaku v křížem soukaných cívkách.

Potřeba zjišťovat tlaky v návinech vycházela z nedostatku potřebných informací z této problematiky v našem textilním průmyslu. Z téhož důvodu pak došlo k tomu, že práce byla započata a volba měřicí metody provedena ještě před obsáhlou rešerší ze zahraniční literatury. Volba měřicí metody nebyla proto ovlivněna způsobem měření tlaku podle Wegenera /metoda měřicí dutinky/ a po celkovém rozboru situace došlo k volbě jiné metody měření.

3.2.2.1 Volba měřicí metody

Při volbě měřicí metody je nutno uvážít, zda provedením experimentu je vůbec možno získat požadované podklady nebo hodnoty a zda získané výsledky budou úměrné vynaloženému úsilí. Žádná z metod nemůže splnit za všech podmínek všechny požadavky, které bývají kladeny na experiment a s rostoucími požadavky vzrůstají nejen potíže při vlastním měření, ale zvyšují se i nároky na přístrojové vybavení pracoviště. Je proto potřeba vhodným způsobem omezit daný problém podle významu úkolu.

Situace při měření tlaku v návinech je značně složitá. Z hlediska komplexního hodnocení tlaku je zapotřebí měřit jak tlak na dutinku, tak i tlak mezi vrstvami vinutí. Přitom je zapotřebí do měřeného místa v návinu umístit hodnotový snímač tlaku pokud možno malých rozměrů, který by co nejméně narušoval stavbu vinutí a tím tlakové poměry v místě měřeného tlaku. Tuto situaci pochopitelně komplikuje vlastní tvorba návinu a otáčivý pohyb cívky při soukání. Při volbě metody byl dále uplatněn požadavek, aby bylo možno měřit nejen jednorázově hodnotu tlaku, ale i průběh tlaku v měřeném místě v souvislosti s různými dalšími podmínkami /vliv podmínek soukání, vliv vlhkosti, doby odležení, relaxace navinutých nití a pod./.

Výběr metody měření bylo tedy nutno provést hlavně s ohledem na požadavky, kladené na snímač, který má v tomto případě velký význam na přesnost a objektivnost měření. Přitom bylo ovšem nutno volit takovou metodu, pro jejíž realizaci by byl v měřicí laboratoři KTP dostupný měřicí přístroj.

Snímače obecně rozdělujeme do dvou základních skupin, a sice na snímače aktivní a snímače pasivní [26]. Z tohoto pohledu bude dále provedeno posouzení možnosti použití různých typů snímačů pro sledovaný účel měření tlaku v návinech.

Snimače aktivní

Aktivní snimače jsou zdroji elektrické energie, vzniklé s jistou účinností z energie neelektrické, která je vlastně sledována. Tyto snimače pracují na principech indukčních, piezoelektrických, fotoelektrických, termoelektrických a chemických.

Z hlediska předepsaných požadavků na měření aktivní snimače nevyhovují, protože buď jsou pro umístění do návinnu příliš rozměrné, nebo by nebylo možné použít jejich princip pro měření tlaku v návinnu. Vyjimku tvoří snimače pracující na piezoelektrickém principu, jejichž použití z důvodu malých rozměrů těchto snímačů se jeví jako lákavé. U piezoelektrických snímačů se ovšem z hlediska použití pro sledovaný účel objevují některé další problémy, které si zaslouží podrobnější osvětlení.

Piezoelektrický snímač pracuje na principu známého piezoejektu, kdy při mechanické deformaci krystalového výbrusu se objeví na polepech elektrický náboj, jehož velikost je přímo úměrná velikosti namáhání.

Je nutno si ovšem uvědomit, že velikost náboje, pokud nedojde ke změně tlaku v návinnu, je relativně konstantní. Slovo relativně v tomto případě zahrnuje skutečnost, že náboj na polepech krystalu je nutno jednak změřit a jednak uchovat po dobu nutnou k měření. I nejcitlivější elektro-
nický most odebírá při měření jistou část náboje a čím delší je měření, tím více se zvětšuje chyba měření. Protože proces soukání cívky trvá delší dobu, bylo by po celou tuto dobu prakticky velmi obtížné uchovat náboj na polepech krystalu.

Podstatné dále je, že by princip měření piezoelektrickým snímačem, v rozporu s požadavky na měření, neumožnil průběžné sledování tlaku v měřeném místě.

Vzhledem k tomu, že náboj vznikající na polepech krystalu je poměrně malý, negativně by se při měření rovněž projevil úbytek náboje, zapříčiněný a závislý na vlhkosti ovzdu-

ší a tedy i na vlhkosti návinu, ve kterém by byl snímač umístěn.

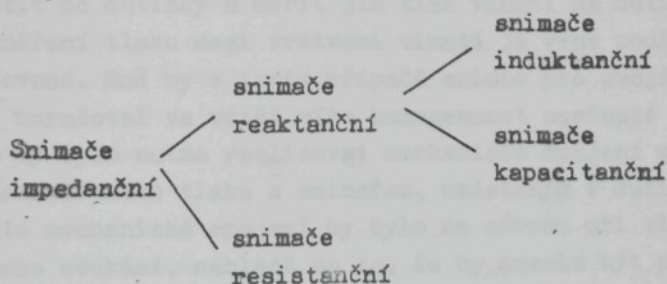
Z uvedených důvodů bylo od měření tlaku pomocí piezoelektrického snímače upuštěno.

Snímače pasivní

Pasivní snímače mění dodávanou elektrickou veličinu v závislosti na měřené neelektrické veličině, aniž samy vytvářejí elektrický proud. Tím vlastně zprostředkovávají spojení mezi k měření určenou veličinou neelektrickou a snáze měřitelnou veličinou elektrickou.

V podstatě jde o snímače impedanční, které tvoří nejpožívanější skupinu pasivních snímačů. Měřená neelektrická veličina mění jejich elektrickou impedanci a podle hodnoty impedance zjišťujeme velikost měřené neelektrické veličiny.

Rozdělují se takto:



V současné době jsou nejpropracovanější a nejvíce rozšířené snímače rezistanční, známé jako drátkové nebo polovodičové tenzometry. Pomocí tenzometrických snímačů lze měřit všechny fyzikální veličiny, které se projevují deformací materiálu. Vlastní deformující se element musí být navržen tak, aby pro daný rozsah měřené veličiny byla deformace v optimální oblasti, ve které by byl výstupní signál z tenzometru lineární.

Resistanční snimače při měření velmi dobře sledují statické i dynamické hodnoty veličin a i jejich poměrně značná závislost na teplotě se dá do jisté míry kompenzovat vhodným uspořádáním v zapojení. Větší problém je jejich citlivost vůči vlhkosti, i když již byly vypracovány metodiky a vyvinuty druhy laků, které umožňují vytvořit pro tenzometry dokonalé, nebo téměř dokonalé mikroklima.

Hlavní důvody, které vedly k zamítnutí tenzometrů pro účely měření, byly však hlavně rázu mechanického. Samotný tenzometr musí být při měření nalepen na podložce, která je měřenou veličinou deformována a teprve velikost deformace je sledována tenzometrem a jako změna odporu dále vyhodnocována. Požadovaná deformace při měření tenzometry je většinou ohyb. Potíž je v tom, že tento přenos pomocí deformace podložky tenzometru činí celkově snimač rozměrným.

Takto vytvořený tenzometrický snimač by bylo možno umístit do dutinky a měřit jím tlak vinutí na dutinku, pro měření tlaku mezi vrstvami vinutí je však použití komplikované. Buď by v tomto případě snimač pro svoji rozměrnost narušoval ve větší míře homogennost navinuté vrstvy, nebo by bylo nutno realizovat mechanické spojení mezi místem měřeného tlaku a snímačem, umístěným v dutince. Takovéto mechanické spojení by bylo na závalu při vlastním procesu soukání, nehledě na to, že by muselo být prosto dalších rušivých vlivů /tření o níže položené vrstvy vinutí a pod./.

U indukčních snímačů se změna měřené veličiny mechanickým způsobem převádí na změnu polohy jádra v cívce, přičemž změna indukčnosti cívky způsobí při konstantní budící frekvenci změnu indukčnosti. Tyto snimače svým charakterem spíše odpovídají měřením dynamickým, ale tento aspekt by se dal vhodnou konstrukcí snímače vyřešit.

Nevýhodou indukčních snímačů je jejich poměrně velká hmotnost, která by byla na závalu při umísťování snímače do návinu, takže o těchto snímačích platí z hlediska použití pro měření tlaku totéž, co bylo řečeno o snímačích

Po zvážení všech těchto okolností a důkladnějším rozboru z hlediska možnosti řešení, než je uvedeno v tomto shrnutí, byl pro měření zvolen snimač kapacitancní.

Změna měřené veličiny u kapacitancních snímačů se převádí na změnu kapacity, jež ovlivní kapacitanci /odpor/ kondenzátoru, podle níž se další transformací zjišťuje velikost měřené neelektrické veličiny. V praxi se tyto snímače běžně označují jako snímače kapacitní.

Kapacitní snímače mají v porovnání s jinými druhy snímačů [26] určité výhody, které lze v souvislosti s měřením tlaku vyzdvihnout:

- a/ Jednoduchá závislost mezi měřenou a výstupní veličinou.
- b/ Vhodný tvar pro umístění do návinu /destička malých rozměrů/.
- c/ Značná citlivost při zcela zanedbatelné změně rozměru před a po zatížení.
- d/ Mimořádně vysoká stálost charakteristiky v čase.
- e/ Nevykazují mechanickoelektrickou zpětnou vazbu, zatížení elektrické strany nemá vliv na měřený tlak.
- f/ Malá časová konstanta - menší než u většiny jiných snímačů.
- g/ Prakticky nulový vliv teploty na měření - kapacitní odpor /kapacitance/ má tu vlastnost, že v něm elektrický proud nevytvěří teplo a snímače se proto ani při použití vysokého měřicího napětí nezahřívají.
- h/ Vysoká odolnost proti přetížení - ani značné překročení odhadované hodnoty tlaku nemůže zničit snímač nebo měřicí přístroj.
- i/ Odolnost proti chemickým vlivům - snímač lze lehce opatřit chemicky netečným obalem nebo povrchem.
- j/ Jednoduchá konstrukce, snadná montáž a záměrnost snímačů.
- k/ Snímače je možno vyrobit z běžných a dostupných materiálů.

Kapacitní snimače mají ovšem i některé nevýhody:

- 1/ Vlastní hysterezi snimače.
- 2/ Při měření poklesu tlaku na snimač během odvíjení návinnu není možno před měřením zjistit nulovou hodnotu snimače.
- 3/ Negativní vliv každé změny kapacity přívodních drátů při měření.

Negativní vlastnosti kapacitního snimače je však možno odstranit použitím vhodných postupů při měření a cejchování, které budou podrobněji popsány v další části práce. Vliv vlastní hystereze snimače lze vyloučit postupem při cejchování, zjištění nulové hodnoty tlaku na snimač při odvíjení je možno obejít za pomoci paměťového zařízení, negativní vliv změny kapacity přívodních drátů se vyloučí použitím koaxiálního stíněného kabelu a jeho fixací při měření i cejchování.

3.2.2.2 Realizace měření tlaku podle navržené metody3.2.2.2.1 Metodika, popis a blokové schéma měřeníMetodika měření

Při posuzování skutečného rozložení tlaku v návinu nás mnohem více zajímají tlakové poměry po nasoukání cívky, než vznikající tlaky v návinu během vlastního soukání, které se navinutím každé další vrstvy vinutí mění. Proto byla hlavní pozornost zaměřena na zjišťování tlaku v různých místech návinu u nasoukané cívky /zpětně podle naměřené hodnoty tlaku je možno posuzovat i vliv podmínek při soukání/ a možnosti hodnotit změnu tlaku, zapříčiněnou dalšími vlivy po nasoukání cívky /doba odležení cívky, vlhkost při skladování, relaxace navinutých nití a pod./.

Navržený kapacitní snimač je proveden tak, že při umístění snimače v návinu odpovídá velikost nebo změna velikosti kapacity snimače velikosti nebo změně velikosti tlaku v měřeném místě. Pro zjištění skutečné velikosti tlaku uvnitř návinu se kapacita snimače, zjištěná při stlačení snimače v místě měřeného tlaku porovnává s kapacitou téhož snimače, stlačeného známou silou v cejchovacím zařízení. Protože je přesně známa plocha snimače, je možno vypočítat odpovídající tlak na snimač. Cejchování snimače lze provést jak před měřením, tak i po něm, popřípadě použít obou možností pro ověření správnosti výsledku.

Původní hodnota kapacity nezatíženého snimače C_n se po jeho zasoukání do návinu změní na hodnotu C_x , která je úměrná velikosti tlaku v měřeném místě. Jak bude dále uvedeno v popisu měření, provádí se vyhodnocení tlaku vinutí na snimač, umístěný v nasoukané cívce při jejím odvíjení. Po zjištění hodnoty C_x se může odvíjení cívky kdykoliv přerušit a získat tak v závislosti na zmenšujícím se průměru návinu souvislou řadu hodnot C_{x1} , C_{x2} , C_{x3} atd., které odpovídají zmenšujícímu se tlaku na snimač, umístěný v místě měřeného

tlaku. Po odvinutí celého návinu poklesne hodnota kapacity C_x na původní hodnotu C_n , které odpovídá nulovému tlaku na snímač. Porovnáním naměřených hodnot s cejchem je možno získat odpovídající hodnoty tlaku na snímač.

Situace při měření je však z hlediska přesnosti zjištění skutečných hodnot tlaku v návinu mnohem komplikovanější. Z praxe je známo, že probíhá-li měření v delším časovém úseku, dochází k nežádoucímu jevu - elektronický měřicí přístroj není schopen udržet vztažnou hodnotu měření konstantně po celou dobu měřicího cyklu. Samotná citlivost měřicího přístroje se v čase nemění, prakticky dochází k posunu celého rozsahu měření kolem myšleného vztažného bodu, k tak zvané fluktuaci nuly /za vztažnou hodnotu měření bývá obvykle brána nulová hodnota/. Vztažná hodnota měření se od původního stavu odchyluje a u naměřených hodnot se tato odchylka projevuje jako chyba. Z tohoto důvodu není možné naměřenou hodnotu kapacity nezatíženého snímače C_n , zjištěnou před jeho zasoukáním do cívky, považovat za vztažnou hodnotu měření, při kterém se zjišťují hodnoty snímače během odvíjení nasoukané cívky.

V praxi se u běžných měření kompenzuje fluktuace /drift/ nuly tím způsobem, že se před každým odečítáním měřené hodnoty kontroluje původní nulová hodnota měření a podle případné odchylky se provádí korekce. Tento způsob kompenzace či vyloučení chyby měření nelze při zjišťování tlaku vinutí na snímač během odvíjení nasoukané cívky použít, protože z důvodu fluktuace měřicího přístroje není možné považovat nulovou hodnotu tlaku na snímač na začátku měření za známou.

Z těchto důvodů bylo nutné pro navrženou metodu měření vyvinout t.zv. "paměťové zařízení", které je blíže popsáno v další části práce.

Jako vztažná hodnota při měření se volí hodnota zatíženého snímače C_x , kterou je sice možno změřit jen na začátku měření a pak již není dostupná, ale pro potřeby měření je možno zachytit ji zmíněným paměťovým zařízením. Paměťové zařízení na principu elektrického ekvivalentu snímače nahradí snímač stejnou elektrickou hodnotou, měnitelnou v celém

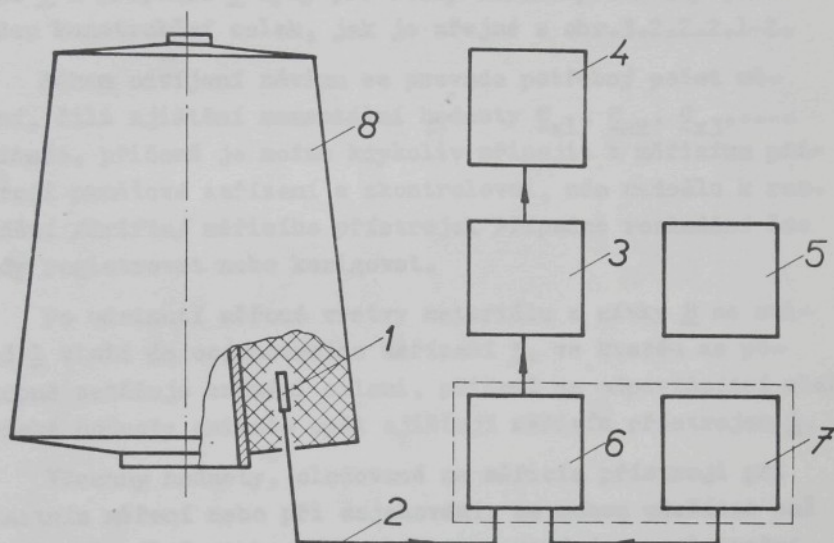
rozsahu hodnoty snimače. Zvolená hodnota měření, v tomto případě tedy C_x , se vyhodnotí měřicím přístrojem, načež se paměťové zařízení nastaví tak, aby po připojení na měřicí přístroj vyvolalo na měřicím přístroji stejně velkou výchylku, odpovídající hodnotě C_x . Tato vztažná hodnota, zachycená paměťovým zařízením, se během měření nebo po jeho skončení opakovaně podle potřeby vyvolává. I když není před úplným odvinutím návinnu známa absolutní velikost C_x , je možno k této hodnotě vztahovat a kompenzovat flukтуаční chybu měřicího přístroje.

Navržený princip měření neelektrických veličin elektronickými měřicími přístroji za pomoci paměťového zařízení je možno uplatnit v širším měřítku. Pro kapacitní měření tlaku v návinech je paměťové zařízení velmi jednoduché - jde v podstatě o přesný nastavitelný kondenzátor. Při měření je možno opatřit každý snimač vlastním paměťovým zařízením, což je velmi výhodné.

Popis a blokové schema měření

Na obr.3.2.2.2.1-1 je blokové schema měření tlaku. Snimač 1, provedený jako deskový kondenzátor, se zasouká do místa sledovaného tlaku tak, aby delší rozměr obdélníkových desek snimače byl ve směru površky cívky nebo dutinky. Krátký koaxiální kabel 2, kterým se připojuje snimač k přepínači 6, je třeba vyvést k většímu čelu cívky a volný konec kabelu s konektorem zasunout do dutinky a zafixovat, aby nedošlo k jeho poškození při soukání.

Po nasoukání cívky se provede připojení snimače 1, zasoukaného do cívky 8, přes přepínač 6 k měřicímu přístroji 3. Měřicím přístrojem se zjistí stávající elektrická hodnota C_x snimače, pak se přepínačem odpojí snimač od měřicího přístroje a místo něho se k měřicímu přístroji připojí paměťové zařízení 7. Paměťovým zařízením se nyní nastaví na měřicím přístroji stejná elektrická hodnota C_x , jakou měl siláčený snimač, pak se přepínač přepne zpět na snimač /místo paměťového zařízení se k měřicímu přístroji připojí opět



- 1 - SNIMAČ
- 2 - KOAXIÁLNÍ KABEL SNIMAČE
- 3 - MĚŘICÍ PŘÍSTROJ
- 4 - REGISTRÁČNÍ ZAŘÍZENÍ
- 5 - CEJCHOVACÍ ZAŘÍZENÍ
- 6 - PŘEPINAČ
- 7 - PAMĚŤOVÉ ZAŘÍZENÍ
- 8 - MĚŘENÁ CÍVKA

Obr.3.2.2.2.1-1 Blokové schema měření

snimač/ a měřený návin se začne odvíjet. Paměťové zařízení 7 a přepínač 6 byly pro účely měření provedeny jako jeden konstrukční celek, jak je zřejmé z obr.3.2.2.2.1-2.

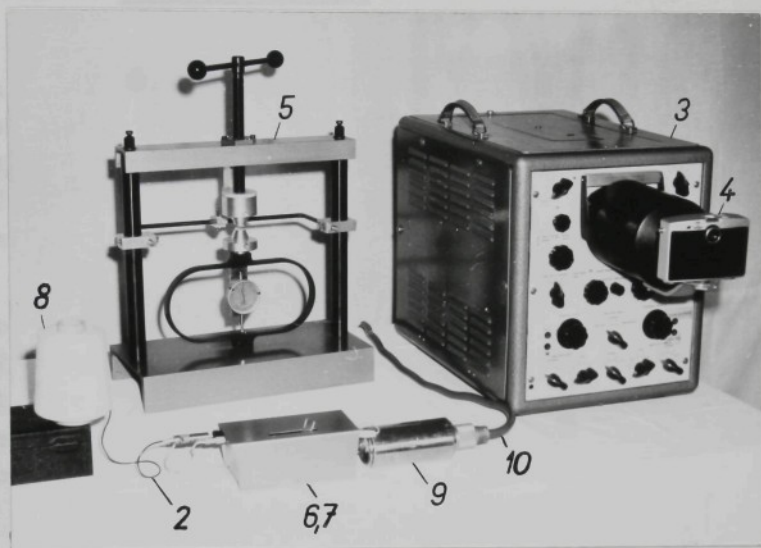
Během odvíjení návinu se provede potřebný počet měření, čili zjištění momentální hodnoty C_{x1} , C_{x2} , C_{x3} ,... snimače, přičemž je možno kdykoliv připojit k měřicímu přístroji paměťové zařízení a zkontrolovat, zda nedošlo k rozladění /driftu/ měřicího přístroje. Případné rozladění lze tedy registrovat nebo korigovat.

Po odvinutí měřené vrstvy materiálu z cívky 8 se snimač 1 vloží do cejchovacího zařízení 5, ve kterém se postupně zatěžuje známými silami, přičemž se odpovídající elektrické hodnoty snimače opět zjišťují měřicím přístrojem 3.

Všechny hodnoty, sledované na měřicím přístroji při vlastním měření nebo při cejchování, se mohou odečítat buď přímo, vizuálně, nebo mohou být zaznamenávány registrační aparaturou 4, která provede záznam měřených hodnot /např. oscilografický zápis na papír, ofotografování obrazovky osciloskopu a pod./.

Zvolený princip měření umožňuje zasoukat do cívky více snimačů současně. Jejich počet závisí na tom, jaký počet hodnot je pomocí zvoleného měřicího přístroje možno při měření sledovat a vyhodnotit. Vzhledem k tomu, že při měření byl použit tlakový indikátor se dvěma kanály, je možno bez problémů zjišťovat současně tlak na dvou zasoukaných snimačích do stejného návinu. Použití více snimačů při měření by se dalo vyřešit odpovídajícím přepínačem, kterým by se připojovaly jednotlivé snimače se svými paměťovými zařízeními podle potřeby k měřicímu přístroji.

Pokud by bylo žádoucí znát průběh vzrůstu tlaku na snimač při navíjení dalších vrstev vinutí během soukání, bylo by to možné provést opakovaným zjišťováním momentální elektrické hodnoty snimače 1, přičemž by ovšem bylo nutno upravit spoj snimače tak, aby vyhovoval podmínkám navíjecího zařízení. To znamená, že například při rotující cívce by bylo nutné vést přívodní koaxiální kabel 2 ke snimači přes sběrací kroužky a sběrací kartáče.



- 2 — SPECIÁLNÍ KOAXIÁLNÍ KABEL SNÍMAČE
- 3 — MĚŘICÍ PŘÍSTROJ (TLAKOVÝ INDIKÁTOR BM 398)
- 4 — FOTOPŘÍSTROJ S TUBUSEM
- 5 — CEJCHOVACÍ ZAŘÍZENÍ
- 6,7 — PŘEPINÁČ A PAMĚŤOVÉ ZAŘÍZENÍ
- 8 — MĚŘENÁ CÍVKA
- 9 — OSCILÁTOR TLAKOVÉHO INDIKÁTORU
- 10 — KOAXIÁLNÍ KABEL, SPOJUJÍCÍ OSCILÁTOR
S TLAKOVÝM INDIKÁTOREM

Obr.3.2.2.2.1-2 Sestava měření

3.2.2.2.2 Tlakový indikátor

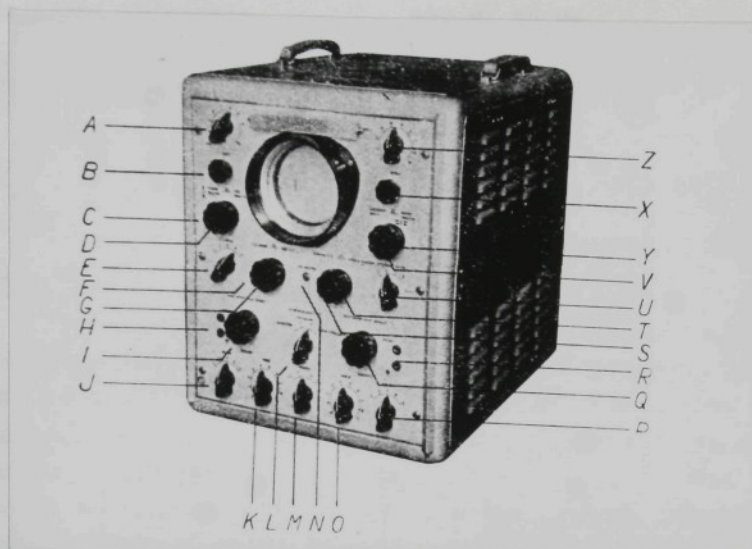
Jako měřicí přístroj pro navrhovaný způsob měření tlaku v křížem soukaných cívkách byl použit "Tlakový indikátor Tesla BM 398", který je jako jediný vyráběný tuzemský kapacitní most vhodný pro přesná měření. Pohled na tlakový indikátor BM 398 s popisem ovládacích prvků je na obr.3.2.2.2.2-1.

Přístroj byl konstruován jako jed nouúčelové zařízení pro snímání rozvinutých průběhů kompresních, spalovacích, výfukových a sacích tlaků ve válcích spalovacích motorů, tlaků v sacím a výfukovém potrubí, vstřikovacích tlaků u naftových motorů a pod. Pro tyto účely je přístroj vybaven potřebnými snimači tlaku.

V podstatě jde však o přesný měřicí most, jež je schopen zobrazit jakoukoliv změnu měřené veličiny, kterou lze převést na změnu kapacity.

Technické údaje tlakového indikátoru Tesla BM 398:

Kapacita snimačů	10 - 30 pF
Doporučená změna kapacity snimače při měření	0,5 - 1 pF
Citlivost	I. kanál 0,02 pF/10 mm II.kanál 0,02 pF/10 mm
Kmitočtový přenos	I. kanál 0 - 9 kHz /-6dB/ II.kanál 0 - 20 kHz /-6dB/
Linearita vertikální	max.přípustná chyba $\pm 10\%$ v pracovním rozsahu /pro I. kanál dolní 1/3 stínítka obrazovky pro II.kanál horní 1/3 stínítka obrazovky/
Maximální citlivost stejnoseměrného osciloskopu	200 mV eff
Mezní frekvence stejnoseměrného osciloskopu	20 kHz /-3dB/
Stabilita	1,2 ks /20 min/ po zapnutí přístroje se nesmí stopa během 0,3 ks /5 min/ posunout při maximálním zesílení o ví c než 20 mm



- | | |
|--|--|
| A – SÍŤOVÝ VYPÍNAČ A REGULACE KANÁLU I | O – ZESÍLENÍ JEMNÉ II |
| B – REGULACE ZAOSTŘENÍ KANÁLU I | P – ZESÍLENÍ HRUBÉ II |
| C – SVISLÝ POSUV AMPLITUDOVÝCH ZNAČEK | Q – NASTAVENÍ PRACOVNÍHO BODU II |
| D – ŠÍŘKA ZNAČEK MODULUJÍCÍCH JAS | R – VSTUP II |
| E – KMITOČET ČASOVÉ ZÁKLADNY HRUBÉ | S – VELIKOST AMPLITUDOVÝCH ZNAČEK |
| F – ŠÍŘKA ČASOVÉ ZÁKLADNY | T – VELIKOST SYNCHRONIZAČNÍCH IMPULSŮ
PRO AUTOMATICKOU ČASOVOU ZÁKLADNU |
| G – KMITOČET ČASOVÉ ZÁKLADNY JEMNÉ | U – ZPOZDĚNÍ STARTU ČASOVÉ ZÁKLADNY
HRUBÉ |
| H – VSTUP I | V – VODOROVNÝ POSUV AMPLITUDOVÝCH ZNAČEK |
| I – NASTAVENÍ PRACOVNÍHO BODU I | Y – ZPOZDĚNÍ STARTU ČASOVÉ ZÁKLADNY
JEMNÉ |
| J – ZESÍLENÍ HRUBÉ I | X – REGULACE ZAOSTŘENÍ II |
| K – ZESÍLENÍ JEMNÉ I | Z – REGULACE JASU II |
| L – PŘEPÍNAČ FUNKCE ČASOVÉ ZÁKLADNY | |
| M – VOLBA DRUHU A ROZVODU ZNAČEK DO
JEDNOTLIVÝCH KANÁLŮ | |
| N – JAS RASTRU | |

Napájení přístroje

220 V, 50 Hz

Další technické údaje pro prvky, které nebyly při měření použity, nejsou uvedeny.

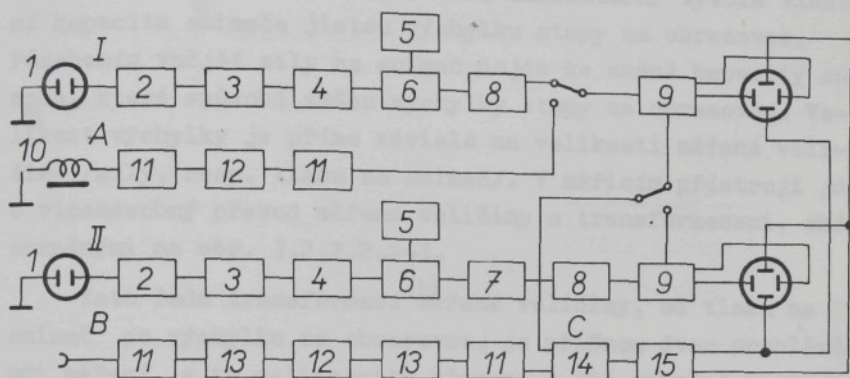
Popis funkce a blokové schema tlakového indikátoru

Blokové schema tlakového indikátoru Tesla BM 398 je znázorněno na obr. 3.2.2.2.2-2.

Snimač 1 mění svoji kapacitu podle velikosti měřené veličiny /tlaku/, změna kapacity snimače způsobuje změnu kmitočtu základního oscilátoru 2. Snimač a oscilátor jsou propojeny krátkým koaxiálním kabelem, jehož vlastní kapacita se účastní měření. Kmitočet oscilátoru je upraven katodovým sledovačem 3, který tvoří s oscilátorem jeden konstrukční celek. Tento katodový sledovač, jež pracuje jako impedanční transformátor, dovolí připojit oscilátor k VF zesilovači 4 /umístěn v přístroji/ dostatečně dlouhým koaxiálním kabelem. Vysokofrekvenční zesilovač je v podstatě přijímač pro kmitočtovou modulaci a sestává z následujících stupňů:

pomocného oscilátoru 5, multiplikativního směšovače 6, mezifrekvenčního zesilovače 7 /pouze ve druhém kanálu/ a z diskriminátoru 8. Ve směšovači se tvoří z kmitočtu oscilátoru, ovlivňovaného změnou kapacity snimače a z doplňkového kmitočtu, mezifrekvenční kmitočet, který je po zesílení amplitudově omezen na stálou hodnotu. V diskriminátoru je přeměněna kmitočtová změna napětí na změnu amplitudy a toto střídavé napětí je vedeno přes hrubý a jemný dělič do koncového stejnosměrného zesilovače 9, který slouží k zesílení napětí a k vychylování stopy dvoupaprskové obrazovky.

Horizontální vychylování stopy na obrazovce přístroje, určené pro různou časovou základnu /automatickou nebo závislou/, nebylo při měření použito, a proto nejsou popisovány části přístroje, uvedené v blokovém schema přístroje pod čísly 10 - 15.



I PRVNÍ KANÁL

6 SMĚŠOVAC

II DRUHÝ KANÁL

7 MF ZESILOVAC

A ZDROJ ZNAČEK

8 DISKRIMINÁTOR

B ZDROJ SPOUŠTĚCÍCH IMPULSŮ

9 SS KONCOVÝ ZESILOVAC

C ČASOVÁ ZÁKLADNA

10 MAGNETICKÝ SNÍMAČ ZNAČEK

11 OMEZOVAC

1 KAPACITNÍ SNÍMAČ

12 KLOPNÝ OBYVOD (MONOSTABILNÍ
MULTIVIBRÁTOR)

2 OSCILÁTOR

3 KATODOVÝ SLEDOVAC

13 DERIVAČNÍ OBYVOD

4 VF ZESILOVAC

14 ČASOVÁ ZÁKLADNA

5 OSCILÁTOR

15 OBRACEČ FÁZE

Obr. 3.2.2.2.2-2 Blokové schéma tlakového indikátoru
Tesla BM 398

Stručné shrnutí funkce přístroje

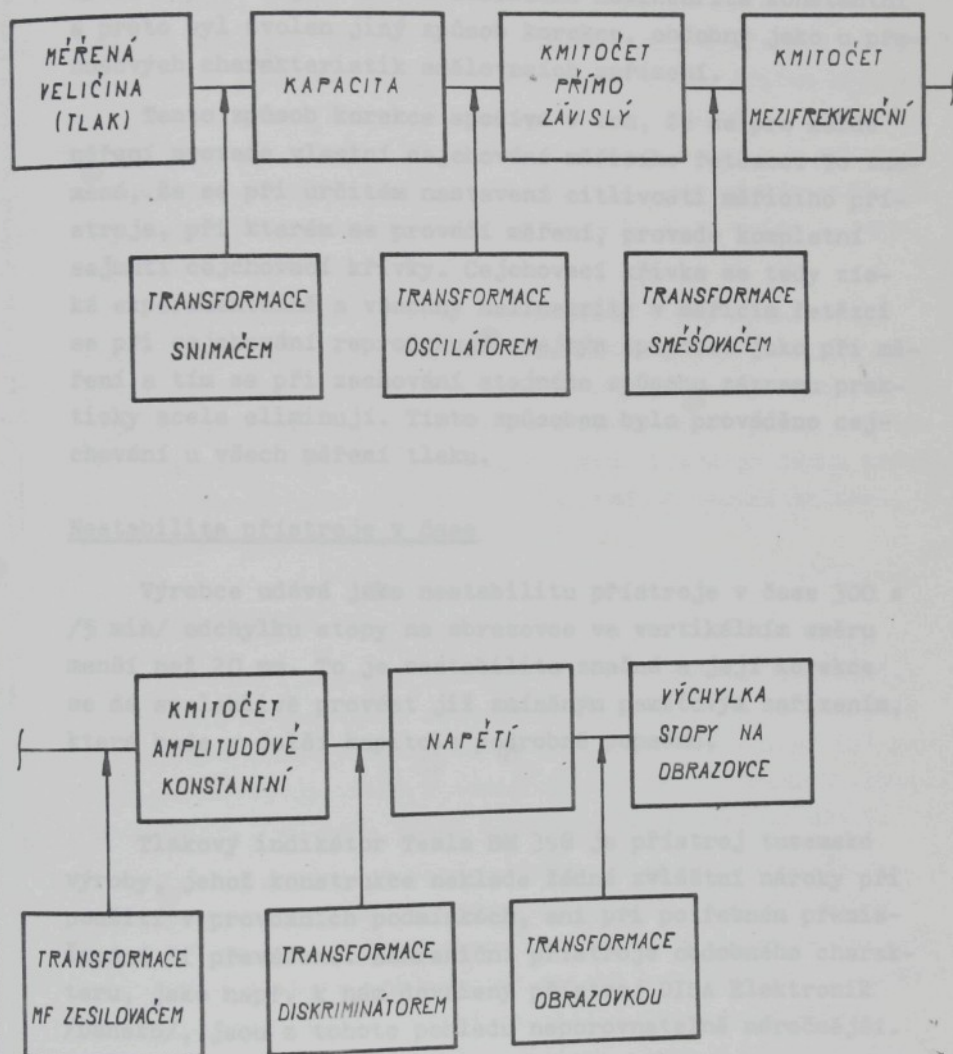
Po připojení snímače k měřicímu přístroji a elektrickém vyvážení přístroje /tlakového indikátoru/ vyvolá vlastní kapacita snímače jistou výchylku stopy na obrazovce. Působením vnější síly na snímač dojde ke změně kapacity snímače, která způsobí změnu výchylky stopy na obrazovce. Velikost výchylky je přímo závislá na velikosti měřené veličiny /síly, resp. tlaku na snímač/. V měřicím přístroji jde o vícenásobný převod měřené veličiny s transformacemi, znázorněnými na obr. 3.2.2.2-3.

Tato řada transformací měřené veličiny, od tlaku na snímač po výchylku na obrazovce, je příčinou dvou problémů při měření, a to nelinearity přenosu a již zmíněné nestability přístroje v čase.

Nelinearita přenosu

Jedná se o nelinearitu absolutní, dynamická nelinearita je tak malá, že ji výrobce přístroje vůbec neuvádí. Absolutní nelinearita znamená, že stejná změna měřené veličiny vyvolá nestejnou výchylku stopy při měření v různých oblastech téhož rozsahu měřicího přístroje. Konkrétně řečeno, při změně měřené síly např. z hodnoty $P_1 = 300 \text{ N}$ na hodnotu $P_2 = 250 \text{ N}$ / $\Delta P_{1,2} = 50 \text{ N}$ / vyvolá $\Delta P_{1,2}$ posunutí stopy na obrazovce např. $h_1 = 5 \text{ mm}$, kdežto při změně z $P_3 = 150 \text{ N}$ na $P_4 = 100 \text{ N}$ / $\Delta P_{3,4} = 50 \text{ N}$ / vyvolá stejný rozdíl měřené síly $\Delta P_{3,4}$ posunutí stopy na obrazovce pouze např. $h_2 = 3 \text{ mm}$. Rozdíl $/h_1 - h_2/$ je v tomto případě absolutní nelinearitou, která je dána konstrukcí měřicího přístroje.

Výrobce udává nelinearitu menší než 10% v plném rozsahu přístroje. Velikost nelinearity je závislá samozřejmě na velikosti zesílení, čili na citlivosti přístroje. Citlivost přístroje je ovšem u různých měření odlišná a nebylo by proto ani rozumné ani ekonomické snímat korekční křivku pro každé nastavení citlivosti. Protože navíc je citlivost přístroje nastavitelná jednak hrubě /skokem/ a jednak jemně,



Obr.3.2.2.2.2-3 Transformace měřené veličiny při jejím vyhodnocování tlakovým indikátorem

bylo by korekčních křivek velké množství. Při nezměněné citlivosti přístroje zůstává absolutní nelinearita konstantní a proto byl zvolen jiný způsob korekce, obdobný jako u přenosových charakteristik sdělovacích zařízení.

Tento způsob korekce spočívá v tom, že se pro každé měření provede vlastní cejchování měřicího řetězce. To znamená, že se při určitém nastavení citlivosti měřicího přístroje, při kterém se provádí měření, provede kompletní sejmutí cejchovací křivky. Cejchovací křivka se tedy získá experimentálně a všechny nelinearity v měřicím řetězci se při cejchování reprodukuje stejným způsobem jako při měření a tím se při zachování stejného způsobu záznamu prakticky zcela eliminují. Tímto způsobem bylo prováděno cejchování u všech měření tlaku.

Nestabilita přístroje v čase

Výrobce udává jako nestabilitu přístroje v čase 300 s /5 min/ odchylku stopy na obrazovce ve vertikálním směru menší než 20 mm. To je nestabilita značná a její korekce se dá spolehlivě provést již zmíněným paměťovým zařízením, které bude v další kapitole podrobně popsáno.

Tlakový indikátor Tesla BM 398 je přístroj tuzemské výroby, jehož konstrukce neklade žádné zvláštní nároky při použití v provozních podmínkách, ani při potřebném přemisťování či převážení. Zahraniční přístroje obdobného charakteru, jako např. k nám dovážený přístroj DISA Elektronik /Dánsko/, jsou z tohoto pohledu neporovnatelně náročnější.

3.2.2.2.3 Snimač

Vlastní návrh snimače byl prací časově velmi náročnou, protože bylo při návrhu nutno sledovat mnoho různých hledisek a tyto neustále ověřovat experimentálně. Přitom bylo nutné provést návrh konstrukčního provedení snimače, volbu dielektrika, přívodního koaxiálního kabelu snimače a nakonec i paměťového zařízení s přepínačem tak, aby se při vzájemné kombinaci jednotlivých hledisek dospělo k co možná nejoptimálnějšímu řešení.

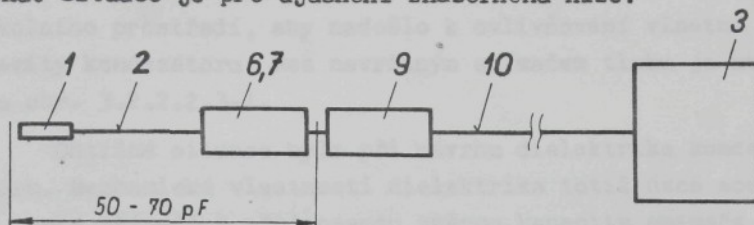
Experimentálně postupně ověřované různé alternativy konstrukce snimače, použitého dielektrika a přívodního koaxiálního kabelu snimače nejsou dále popisovány, protože by jejich popis vcelku zbytečně rozšiřoval obsah práce a odváděl tak pozornost od podstatných věcí, které je třeba uvést. Z toho důvodu bude popsáno jen konečné provedení snimače, se kterým bylo prováděno měření.

Kapacita snimače

Výrobce tlakového indikátoru, n.p. Tesla, předepisuje pro kapacitu vlastního snimače hodnotu 10 - 30 pF. Protože při měření tlaku v návinech je důležité, aby snimač byl malých rozměrů, je třeba v tomto případě volit hodnotu kapacity snimače v oblasti dolní hranice předepsaného rozmezí.

Jak je uvedeno v popisu funkce tlakového indikátoru, účastní se transformace měřené veličiny i kapacita krátkého koaxiálního kabelu, kterým se připojují dodávané snimače pro měření tlaku u spalovacích motorů k oscilátoru tlakového indikátoru. Tento krátký koaxiální kabel o kapacitě 40 pF pro připojení snimače u měření tlaku v návinech nevyhovuje, protože je příliš rozměrný. V případě, že tento kabel nebude při měření použit, bude tedy nutno připojit k oscilátoru tlakového indikátoru kapacitu $40 \pm 10 - 30$ pF, t.j. kapacitu 50 - 70 pF. Toto nové rozmezí hodnoty kapacity připadá na vlastní snimač, na vhodnější koaxiální kabel pro

připojení snimače a na paměťové zařízení s přepínačem, je-
hož nutnost při měření byla v předchozí kapitole zdůvod-
něna. Situace je pro ujasnění znázorněna níže:



- 1 - snimač
- 2 - speciální koaxiální kabel snimače
- 3 - tlakový indikátor
- 6,7 - paměťové zařízení s přepínačem
- 9 - oscilátor tlakového indikátoru
- 10 - koaxiální kabel, spojující oscilá-
tor s tlakovým indikátorem

Rozdělení předepsané kapacity mezi snimač, koaxiální kabel a paměťové zařízení bylo nutno provést podle požadavků, jež vyplývaly z charakteru měření. Tak např. velikost kapacity snimače byla podřízena tomu, aby byl v rámci daných možností snimač co nejmenší. Velikost kapacity koaxiálního kabelu snimače byla pochopitelně dána kapacitou použitého speciálního koaxiálního kabelu potřebné délky. Zbývající část kapacity do hodnoty max 70 pF bylo možno použít na konstrukci paměťového zařízení s přepínačem /přesněji řečeno na kapacitu volně průchozích vodičů tímto zařízením - bude vysvětleno v kapitole 3.2.2.2.4/.

Konstrukční provedení snimače, volba dielektrika, výpočet kapacity snimače

Jak již bylo naznačeno, je zapotřebí, aby snimač měl při předepsané kapacitě co nejmenší rozměr a tvar vhodný pro zasoukání do návinu. Po určitém experimentování byl na-
konec snimač tlaku proveden jako diferenciální deskový kondenzátor s deskami /polepy/ o rozměru 5 x 11 mm. Diferenciální deskový kondenzátor byl zvolen proto, že při své po-

měrně malé ploše má prakticky dvojnásobnou citlivost než kondenzátor jednoduchý a dále, což je velmi důležité, vnější desky kondenzátoru tvoří vlastně stínění vůči vlivu okolního prostředí, aby nedošlo k ovlivňování vlastní kapacity kondenzátoru. Řez navrženým snimačem tlaku je uveden na obr. 3.2.2.2.3-1.

Obtížná situace byla při návrhu dielektrika kondenzátoru. Mechanické vlastnosti dielektrika totiž úzce souvisí v tomto případě s předepsanou změnou kapacity snimače při měření, která se má u tlakového indikátoru pohybovat v rozmezí 0,5 - 1 pF. Dielektrická vrstva kondenzátoru vlastně svou pružností při měření absorbuje tlak na snimač a stává se tedy vlastním mechanickým převodníkem. Situace byla o to složitější, že při návrhu nebyl ani přibližně znám rozsah velikosti tlaků, které v návinech existují, a přitom bylo nutno volit pro dielektrikum materiál s co nejmenší hysterezí. Po ověřovacích zkouškách různých materiálů byly obě dielektrické vrstvy kondenzátoru provedeny z pertinaxu tloušťky 0,4 mm.

Výpočet kapacity snimače

Výpočet kapacity snimače je záležitostí spíše informativní, která dovolí stanovit rozměry snimače a provést jeho konstrukci. Značná řádicí schopnost použitého tlakového indikátoru umožňuje připojit snimač s většími tolerancemi kapacity, což je pro konstrukci snimače výhodné.

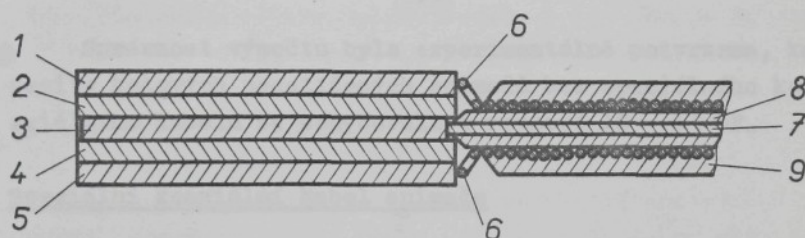
Pro výpočet kapacity snimače byl použit v elektrotechnice běžně známý vztah pro výpočet kapacity deskového kondenzátoru:

$$C = 0,00886 \cdot \epsilon \cdot n \cdot \frac{S}{d}$$

C - kapacita kondenzátoru [pF]

ϵ - dielektrická konstanta
/pro pertinax $\epsilon = 4,8/$

n - počet mezer kondenzátoru



- 1,5 - VNĚJŠÍ DESKY KONDENZÁTORU
 2,4 - DIELEKTRICKÉ VRSTVY KONDENZÁTORU
 3 - VNITŘNÍ DESKA KONDENZÁTORU
 6 - STÍNĚNÍ KOAXIÁLNÍHO KABELU
 7 - STŘEDOVÝ VODIČ KOAXIÁLNÍHO KABELU
 8 - VNITŘNÍ STYROFLEXOVÁ IZOLACE
 KOAXIÁLNÍHO KABELU
 9 - VNĚJŠÍ IZOLACE KOAXIÁLNÍHO KABELU

SVAROVANÉ SPOJE 6 → 1,5

7 → 3

Obr.3.2.2.2.3-1 Řez snimačem tlaku a speciálním koaxiálním kabelem snimače

S - plocha desky [mm^2]
d - vzdálenost desek [mm]

$$C = 0,00886 \cdot 4,8 \cdot 2 \frac{5,11}{0,4} = 11,4312 \text{ pF}$$

Správnost výpočtu byla experimentálně potvrzena, kapacita hotových nezátížených snímačů bez speciálního koaxiálního kabelu se pohybovala v rozmezí 10 - 13 pF.

Speciální koaxiální kabel snímače

K tlakovému indikátoru dodávaný kabel pro připojení snímače k oscilátoru, jak již bylo uvedeno, se pro měření tlaku v návinech nehodí, protože je příliš rozměrný. Samotné konektory tohoto dodávaného koaxiálního kabelu mnohokrát převyšují rozměr navrženého snímače. Pro měření tlaku v křížem soukaných cívkách bylo proto pro připojení snímače zapotřebí navrhnout dostatečně tenký kabel, který by se dal se snímačem zasoukávat do návinnu.

U aparatur s vyšší nosnou frekvencí se při měření poměrně výrazně projevuje vliv rozptylové kapacity přívodních kabelů k aparatuře. Velikost rozptylové kapacity, která vzniká zpravidla pohybem nebo náhodným přeložením přívodních kabelů, může způsobit rozvážení měřicího přístroje. Stejně nepříznivě se může projevit i vliv okolního prostředí v blízkosti kabelu. Z těchto důvodů je nutné pro přívody používat vícepramenných kabelů se společnou izolací, případně fixovat přívody tak, aby se vzhledem ke svému okolí nepohybovaly. Navíc je potřeba používat přívody pokud možno krátké.

Pro měření tlaku v křížem soukaných cívkách bylo zapotřebí použít tenkostěnný koaxiální kabel, který by byl co nejméně citlivý na změnu vlastní kapacity, způsobenou kroucením kabelu nebo tlakem na kabel. Kabel požadovaných vlastností, který by měl potřebný malý průměr, se ale v ČSSR nevyrábí.

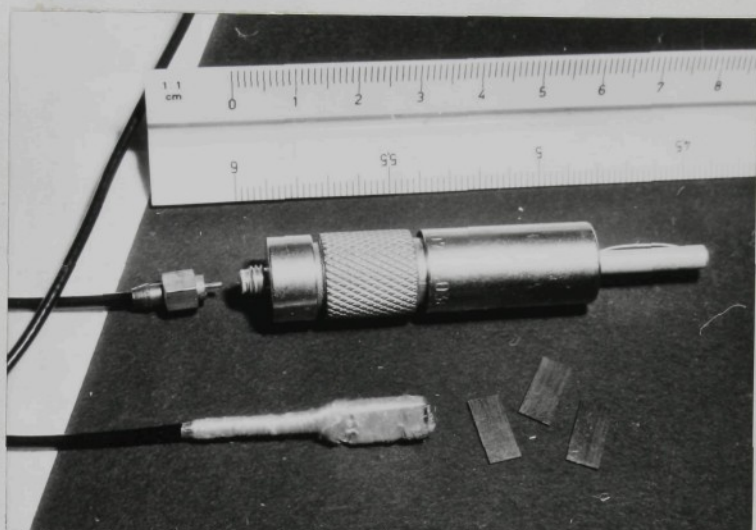
Protože pokusy amatérsky si vyrobit kabel požadovaných vlastností nebyly úspěšné, bylo nutno objednat potřebný kabel v NDR. Kabel, který byl pro toto měření vybrán, vyrábí firma Metra Mess- und Frequenztechnik, Radebeul u Drážďan. Tento kabel podle provedených zkoušek požadavkům měření vyhovuje, ale i tak je pro vyloučení možnosti vzniku chyby třeba kabel během měření a při cejchování v určité libovolné poloze fixovat. Jedná se o typ kabelu objednáčím čísle 5100, který se vyrábí s příslušným konektorem a k jeho napojení na paměťové zařízení byla objednána i potřebná koaxiální zástrčková redukce /objednáčí číslo 5200/. Obojí je vidět na obr. 3.2.2.2.3-2. Nepříjemné přitom bylo, že vyřízení této objednávky cenově velmi dostupného kabelu trvalo více než rok a tím se prodloužila doba vlastního výzkumu.

Hotový snimač s tímto kabelem a konektorem je na obr.3.2.2.2.3-3. Ke snimači byl připojen tento speciální koaxiální kabel v délce 330 mm, což je délka vyhovující pro možnost zasoukání snimače do libovolného místa v křížem soukané cívce. Kapacita kabelu této délky činila 26 pF, celková kapacita snimačů i s kabelem $\sim 36-39$ pF.

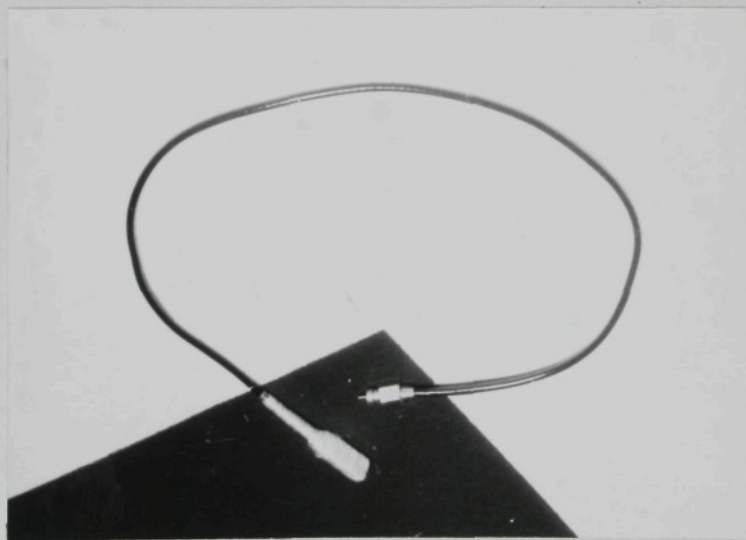
Pro všechna informativní měření kapacity při konstrukci snimače, připojovacího kabelu i paměťového zařízení byl používán měřič LC Tesla BM 366, který je zobrazen na obr.3.2.2.2.3-4. Tento měřič svým rozsahem a přesností zcela postačoval požadovaným záměrům. Pro úplnost je třeba poznamenat, že zjištěnou kapacitu přípojných vodičů, použitých pro měření kapacity, je třeba vždy od naměřené hodnoty kapacity odečíst.

Výroba snimače

Jednotlivé desky kondenzátoru byly vyrobeny z ocelového plechu /listové pružiny/, přebroušeny na magnetické brusce a ručně lapovány. Izolační dielektrické vrstvy z perlinaxu byly ručně zapilovány do potřebného tvaru a rozměru



Obr.3.2.2.2.3-2 Pohled na snimač, koaxiální kabel s konektorem, koaxiální zástrčkovou redukcí a desky kondenzátoru



Obr.3.2.2.2.3-3 Snimač tlaku se speciálním koaxiálním kabelem a konektorem

a jemným smirkovým papírem zdrsňeny. Vzájemné spojení bylo provedeno slepením "tenzometrickým tmelem TM 3", který se používá k lepení tenzometrických čidel. Tento tmel byl vybrán pro dobré elektrické i mechanické vlastnosti, jež byly ověřeny při jiných měřeních. Tloušťka vnějších desek diferenciálního kondenzátoru byla provedena 0,5 mm, tloušťka každé dielektrické vrstvy 0,4 mm, tloušťka vnitřní desky kondenzátoru 0,3 mm.

Připojení speciálního koaxiálního kabelu potřebné délky a odpovídající kapacity ke snimači je možno provést dvojím způsobem, a to buď připájením nebo přivařením.

Technologie pájení středového vodiče i stínění koaxiálního kabelu na hrany desek snimače je poněkud obtížnější a vyžaduje určitou zručnost. Je to však jediná technologicky náročnější část výroby snimače.

Pro připojení koaxiálního kabelu ke snimači byla vyzkoušena i zatím v elektrotechnice nepříliš běžná technologie spojování tenkých vodičů svářením. k tomuto účelu byla použita speciální kondenzátorová svářečka, vyrobená ve Vývojových dílnách VŠST. Svaření bylo provedeno těmito parametry: napětí 70 V, kapacita 2000 μF , polarita snimač -, kabel +. Je možno konstatovat, že kvalita takto provedených spojů byla v místě svaru velice dobrá a vlastní práce při sváření jednoduchá a rychlá. U této jinak velmi výhodné technologie připojování koaxiálního kabelu ke snimači se však objevila i jedna negativní stránka, a sice, že těsně za místem svaru docházelo k částečnému zkřehnutí velmi tenkého středového vodiče kabelu, což by mohlo v případech zvýšeného namáhání kabelu v tomto místě vést ke zvýšení pravděpodobnosti jeho utržení od snimače. Fotografie kondenzátorové svářečky je na obr.3.2.2.3-5.

Dodatečná úprava snimače

Při ověřovacích zkouškách zatěžování snimače se v oblasti kolem nulového zatížení objevila určitá nepřesnost snimače co do schopnosti snimače vrátit se přesně na výchozí,



Obr.3.2.2.2.3-4 Měřič LC Tesla BM 366

Obr.3.2.2.2.3-5 Kondenzátorová svěřka vyrobená ve
Vývojových dílnách VŠST

základní hodnotu své kapacity. Tato nepřesnost je dána vlastností lepícího tmelu a projevuje se i u tenzometrických měření, kde se buď zcela zanedbává nebo se provádí početní korekce, jež se opírá o statistické vyhodnocení řady měření.

Tato zjištěná nepřesnost snímače byla z hlediska velikosti měřených sil malá - maximálně naměřený rozdíl činil pouze 1,46 N / 0,146 kp/. Konstrukce snímače však dovolila provést opravu i této nepřesnosti, a sice metodou mechanického superponování výchozí kapacity snímače. Snímač byl před začátkem měření ovínut pevnou hedvábnou nití, čímž se dosáhlo malého mechanického stlačení snímače. Superponovaná hodnota kapacity snímače je pak pro měření vzata jako hodnota výchozí, tedy hodnota nulového tlaku na snímač. Skutečnost, že hodnota tohoto malého stlačení snímače je neznámá není při měření na závadu, důležité ale je, aby toto počáteční stlačení zůstávalo konstantní. Při dlouhodobých zatěžovacích zkouškách snímače na cejchovacím zařízení snímač po odlehčení vždy přesně vykazoval superponovanou hodnotu kapacity, tedy nově zvolenou nulovou hodnotu tlaku.

Navržený snímač může být v případě potřeby opatřen ochranným povrchem nebo obalem chemicky odolným, vodotěsným, případně elektricky izolujícím. Této možnosti by bylo nutno využít například tehdy, jestliže by bylo zapotřebí měřit tlak v návinu po provedeném barvení či bělení.

Při prováděných měřeních byl snímač z hlediska zvýšení bezpečnosti před negativními vlivy okolního prostředí opatřen obalem z hliníkové fólie.

Manipulace se snímačem při měření a cejchování

I když použitý speciální koaxiální kabel, spojující snímač s pamětovým zařízením, není citlivý na tlak, projevila se u něho v menší míře jistá citlivost na ohyb. Je to pochopitelné když si uvědomíme, že měření je prováděno při změně kapacity snímače o $\Delta C = 0,5 \text{ pF}$. Proto byla nutná

jistá pečlivost a zachování určitého postupu při měření a cejchování.

Při zasoukávání snimače do návínu byl volen tento postup:

- a/ Na dutinku se nasouká návín do určitého průměru podle toho, v kterém místě je nutno měřit tlak. Jestliže se provádí zjišťování tlaku na dutinku, nasouká se pouze menší množství ovinů, jen aby byla dutinka přikryta třeba nesouvislou vrstvou návínu /většinou perforované dutinky/.
- b/ Dutinka s nasoukaným návínem potřebné tloušťky se vyjme ze soukacího stroje a aniž je nutno přetrhnout soukanou nit, přiloží se snimač svým delším rozměrem ve směru površky návínu a ručně se provede ovinutí snimače i koaxiálního kabelu tak, aby oba byly v potřebném místě fixovány. Koaxiální kabel snimače se přitom vede po površce návínu /ve směru osy cívky/ k velkému čelu cívky a volný konec kabelu se zasune dovnitř dutinky. Pokud dutinka není perforována, je zapotřebí pro zavedení volného konce kabelu dovnitř dutinky vypilovat na okraji dutinky menší zářez.
- c/ Po této přípravě je možno cívku se snimačem nasadit zpět do soukacího stroje a dosoukat ji na požadovaný průměr. U soukacích strojů s nepřímým pohonem je většinou nutno při spouštění stroje na okamžik ručně mírně poodlehčit cívkový rámeček, aby nedošlo k utržení snimače.

Během vlastního měření, které se provádí při odvíjení měřené cívky, je nutno zajistit, aby se nepohybovala část koaxiálního kabelu snimače, jež vystupuje z návínu a připojuje se k paměťovému zařízení. Vzhledem k tomu, že tato část kabelu je krátká, stačí pro tento účel fixovat v určité poloze cívku a paměťové zařízení se zabudovaným přepínačem. V případě možného přetrhu nitě při odvíjení je třeba provést navázání opatrně, aby se nepohnulo kabelem snimače - jinak není zapotřebí se při měření vůbec cívky dotýkat.

Po odvinutí návinnu a zjištění nulové hodnoty tlaku na snimač je možno s kabelem i snimačem volně manipulovat, i když se cejchování provádí následně.

Fixování koaxiálního kabelu snimače během cejchování umožní k tomuto účelu vytvořený držák kabelu, jenž je součástí cejchovacího zařízení. Stejně jako při měření je třeba i při cejchování zajistit stabilní polohu paměťového zařízení.

Vnější vlivy na snimač

Pod pojmem vnější vlivy se rozumí fyzikální neelektrické veličiny, které mohou změnou svých hodnot způsobit změnu hodnoty snimače, v tomto případě tedy změnu jeho kapacity.

V této kapitole byla již uvedena některá opatření, která mají za úkol předcházet nežádoucím změnám kapacity snimače a přívodního koaxiálního kabelu. Jedná se především o fixaci přívodního kabelu snimače během měření a cejchování, dále byl snimač z hlediska zvýšení bezpečnosti před vlivy okolního prostředí opatřen obalem z hliníkové fólie. Mezi další možné vnější vlivy, které v tomto případě přicházejí v úvahu, je možno zařadit vliv teploty, vlhkosti a chemických činidel.

Jak bylo uvedeno mezi výhodami kapacitních snimačů v kapitole 3.2.2.1, kapacitance /kapacitní odpor/ má tu vlastnost, že v něm elektrický proud nevytváří teplo a snimače se z toho důvodu ani při použití vysokého měřicího napětí nezahřívají. V úvahu by tedy mohlo přicházet pouze teplo přiváděné z vnějšku, které by mohlo způsobit změnu rozměrů snimače vlivem dilatace materiálu a dále změnu elektrické hodnoty dielektrika. Protože návinn, ve kterém je snimač uložen, je sám o sobě špatným vodičem, poskytuje snimači vlastně určitou ochranu před vlivem prostředí. U použitého dielektrika /pertinax/ prakticky rovněž nepřichází v úvahu změna dielektrických vlastností nebo roztažnosti

vlivem teploty. Shrnutím těchto faktů a navíc s ohledem na to, že se teplota během odvíjení měřené cívky nemění, je možno případný vliv teploty jako vnějšího vlivu vyloučit.

Vliv vlhkosti a chemických činidel je možno anulovat tím, že se snimač v případě potřeby opatří chemicky odolným či vodotěsným povrchem nebo obalem. Příkladem může být prosté zalakování snimače vhodným lakem, čímž vlastně dojde k uzavření snimače do mikroklimatického prostoru.

3.2.2.2.4 Paměťové zařízení

Aby byl vyloučen vliv nestability měřicího přístroje a zaručena přesnost naměřených výsledků, bylo nutné vyvinout pro měření tlaku v křížem soukaných cívkách již zmíněné paměťové zařízení. Z důvodu možnosti širšího uplatnění navrženého principu měření za použití paměťového zařízení u měření neelektrických veličin elektronickými měřicími přístroji bude namísto uvést nejdříve obecnou charakteristiku tohoto principu.

Vlivem nestability elektronických měřicích přístrojů dochází u déletrvajících měření /desítky minut/ k chybám, které v některých případech dosahují tak velkých hodnot, že zcela znehodnocují měření. Při měřeních pak často dochází k situaci, že není možno zjistit velikost takto vzniklé chyby a věrohodnost naměřených výsledků se potom opírá o předpoklad, že vztažná hodnota měření zůstala konstantní. Tento předpoklad mnohdy nejen nedostačuje, ale je i nepravdivý.

Pod pojmem "paměťové zařízení" je myšleno přídavné zařízení k elektronickému měřicímu přístroji, které umožňuje provádět taková měření, jež by při použití stejného měřicího přístroje bez paměťového zařízení nebyla uskutečnitelná, nebo by při nich docházelo z důvodu nestability měřicího přístroje k příliš velkým chybám.

Paměťové zařízení je tvořeno nejméně jedním elektrickým ekvivalentem snimače, přičemž konstrukce elektrického ekvivalentu je dána principem měřicího přístroje. Podstatné je, aby se z hlediska měřicího přístroje choval nastavitelný elektrický ekvivalent jako právě použitý snimač.

Při měření se zvolená hodnota měřené veličiny vyhodnotí měřicím přístrojem, načež se paměťovým zařízením nastaví v měřicím přístroji stejná hodnota měřené veličiny a během měření se tato hodnota podle potřeby opakovaně vyvolává. Přitom se pochopitelně po dobu nutnou ke kontrole nestability přístroje, ke korekci či pro potřebu jiného porovnávání

naměřených hodnot, místo snimače připojuje k měřicímu přístroji paměťové zařízení /vlastní měření není třeba přerušovat/. Při opakované potřebě tohoto přepojování je výhodné zařadit mechanický nebo elektronický přepínač.

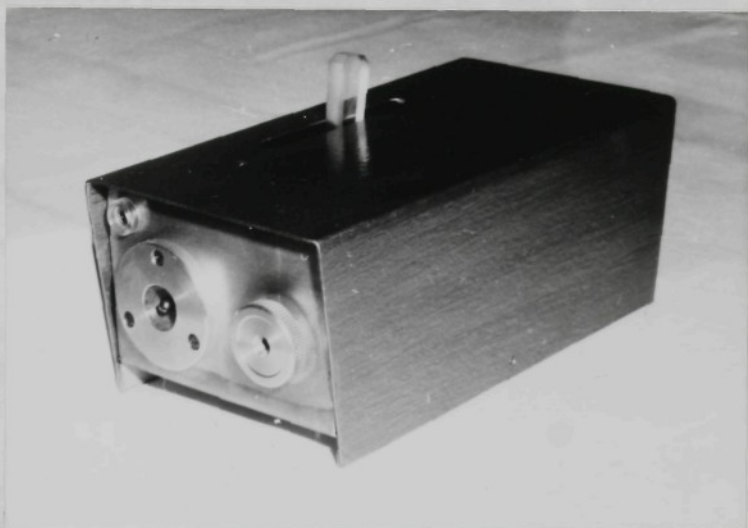
Elektrický ekvivalent, kterým se vůči měřicímu přístroji nahrazuje snimač stejnou elektrickou hodnotou, může být vytvořen jednak pasivními prvky, jako například odporem, kapacitou, indukčností nebo jejich kombinacemi, ale i obvody složenými z aktivních prvků, jako například z elektronek, tranzistorů, triaků, případně i přístroji, jako například zdrojem frekvence, zdrojem napětí, zdrojem světla.

Paměťové zařízení z důvodu své jednodušší konstrukce či vyšší stability je schopno udržet nastavenou hodnotu měření konstantně, takže odchylka měřicího přístroje od této nastavené hodnoty je kdykoliv odečitatelná nebo registrovatelná.

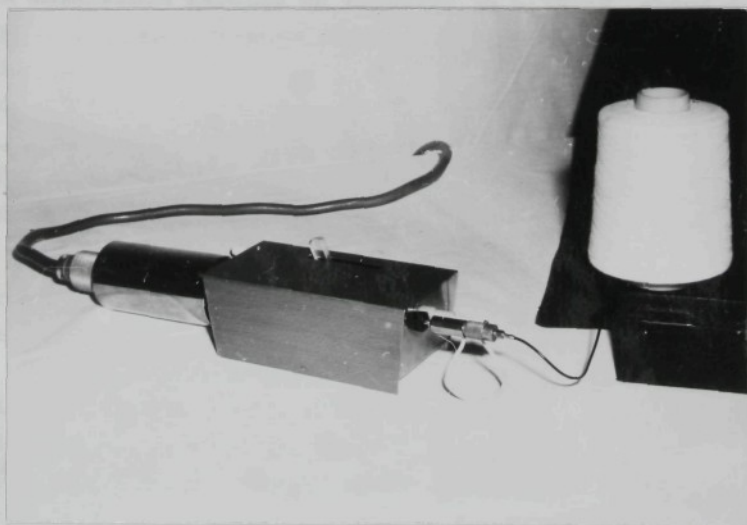
Pomocí paměťového zařízení je dále možno opakovaně a dlouhodobě simulovat a reprodukovat libovolně zvolený počet hodnot měření, přičemž je při měření možno provádět změnu rozsahu měřicího přístroje a paměťovým zařízením zachycené hodnoty není třeba ověřovat či kompenzovat. Pomocí zařízení lze uchovat v paměti zvolenou naměřenou hodnotu, i když tato není vzhledem k průběhu měření již znovu měřením dosažitelná /odvinutí měřeného návinu, destrukce měřeného vzorku a pod./.

Konkretní provedení paměťového zařízení u kapacitního měření tlaku

Paměťové zařízení, jež se používá u měření jako přídatného zařízení k tlakovému indikátoru, má poměrně jednoduchou konstrukci. Vnější pohled na paměťové zařízení je na obr.3.2.2.4-1,2. Jednotlivé funkční části zařízení jsou umístěny ve skřínce z ocelového pocínovaného plechu, která je spojena s kostrou měřicího přístroje a tvoří tak vlastně



Obr.3.2.2.2.4-1 Vnější pohled na paměťové zařízení



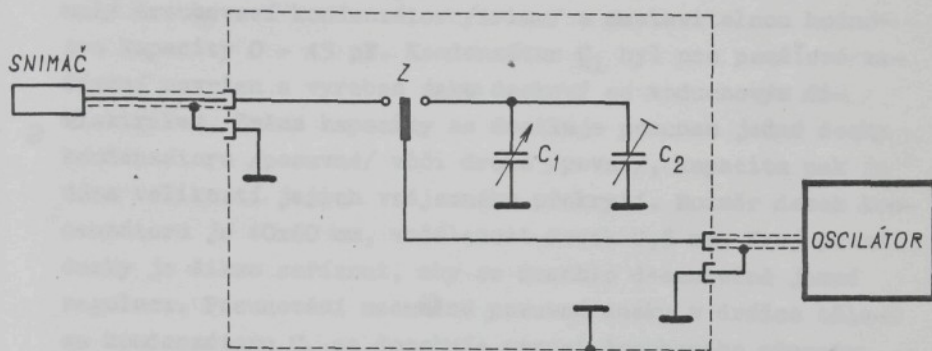
Obr.3.2.2.2.4-2 Zapojení paměťového zařízení při měření

"Faradayovu klec", izolující funkční části paměťového zařízení od vnějších vlivů. Jako izolantu bylo použito plexiskla, které tvoří velmi dobrou VF izolaci. Součástí konstrukčního uspořádání paměťového zařízení je i přepínač /jednopólový dvoupolohový vlastní konstrukce/, kterým se střídavě podle potřeby připojuje k měřicímu přístroji vlastní snimač nebo elektrický ekvivalent snimače, jímž jsou v tomto případě dva paralelně zapojené kondenzátory.

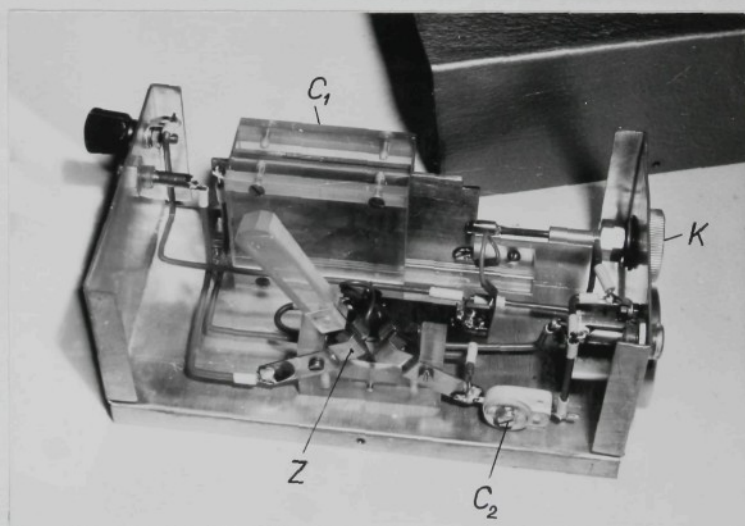
Zapojení paměťového zařízení při měření je vidět z obr.3.2.2.2.4-2. Z jedné strany je na paměťové zařízení pomocí koaxiální zástrčkové redukce napojen snimač, z druhé strany je připojen oscilátor.

Z hlediska měření tlakovým indikátorem je nutno zachovat určité rozmezí kapacity částí, připojovaných k oscilátoru. Jak již bylo vysvětleno v kapitole 3.2.2.2.3, jedná se o hodnotu 50 - 70 pF. Při měření se k tlakovému indikátoru, v tomto případě lépe řečeno k oscilátoru tlakového indikátoru, připojuje střídavě jednak snimač a jednak elektrický ekvivalent snimače. Jelikož snimač se svým speciálním koaxiálním kabelem má kapacitu 36 - 39 pF, zbývá na konstrukci volného průchodu vodičů paměťovým zařízením /od koaxiální zástrčkové redukce přes přepínač až k oscilátoru/ hodnota kapacity max. asi 31 pF. Kapacita dvou paralelně zapojených kondenzátorů, které tvoří elektrický ekvivalent snimače, včetně kapacity příslušného vedení od kondenzátorů až k oscilátoru musí být hodnota nastavitelná v rozmezí 50-70 pF.

Elektrické schema paměťového zařízení je nakresleno na obr.3.2.2.2.4-3. Pomocí přepínače $\underline{Z}$ je k oscilátoru připojován buď vlastní snimač nebo paralelně zapojené kondenzátory $\underline{C}_1$ a $\underline{C}_2$. Oba kondenzátory tvoří tedy elektrický ekvivalent snimače a jejich součtová kapacita se při měření musí nastavit tak, aby se měřicímu přístroji přesně simulovala zvolená, snimačem naměřená hodnota. Hrubé nastavení této hodnoty /stačí přibližně odhadnout před měřením/ se provede nastavitelným kondenzátorem $\underline{C}_2$, přesné nastavení se pak docílí při



Obr.3.2.2.2.4-3 Schema paměťového zařízení

Obr.3.2.2.2.4-4 Pohled na uspořádání funkčních částí
paměťového zařízení

měření pomocí nastavitelného kondenzátoru C_1 .

Jako kondenzátor C_2 byl použit pro paměťové zařízení malý šroubovací kondenzátor /trimr/ s nastavitelnou hodnotou kapacity 0 - 45 pF. Kondenzátor C_1 byl pro paměťové zařízení navržen a vyroben jako deskový se vzduchovým dielektrikem. Změna kapacity se docílí posunem jedné desky kondenzátoru /posuvné/ vůči druhé /pevné/, kapacita pak je dána velikostí jejich vzájemného překrytí. Rozměr desek kondenzátoru je 40x60 mm, vzdálenost desek 0,5 mm. Kraj pevné desky je šikmo seříznut, aby se dosáhlo dostatečně jemné regulace. Posunování uzemněné posuvné desky v drážce tělesa kondenzátoru C_1 se dosahuje pomocí šroubového převodu, jež se ovládá kovovým kolečkem K z vnější strany paměťového zařízení /tím je vyloučeno ovlivnění kapacity paměťového zařízení rukou při nastavování kondenzátoru C_1 /. Konstrukce navrženého kondenzátoru C_1 umožňuje plynule nastavovat kapacitu asi do hodnoty 42 pF /s rozlišením na desítky fF/.

Pohled na uspořádání funkčních částí paměťového zařízení je na obr.3.2.2.2.4-4, označení je shodné s obr.3.2.2.2.4-3.

3.2.2.2.5 Sledování a záznam naměřených hodnot

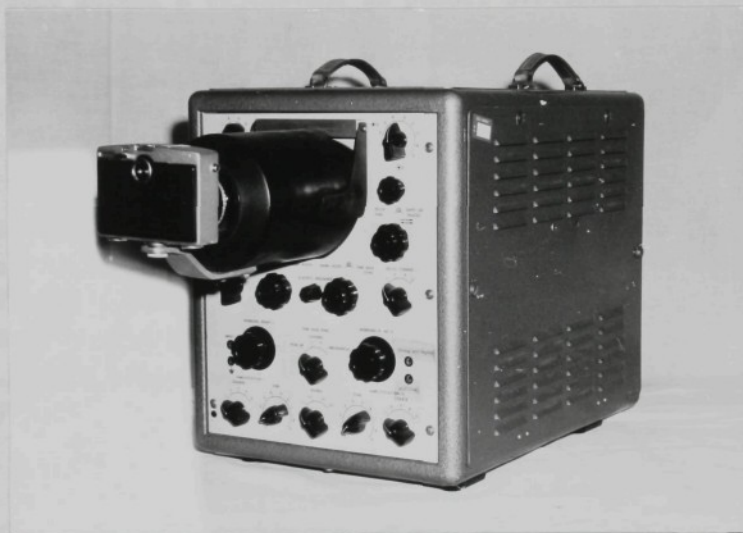
Při měření je u tlakového indikátoru vypnuta časová základna osciloskopu a různá hodnota měřené veličiny /tlaku na snimač/ se projevuje jako různé vychýlení světelného bodu /stopy paprsku/ na obrazovce přístroje ve vertikálním směru. Za vztažnou hodnotu měření se volí v případě měření při odvíjení návinu maximální tlak na snimač. Vzhledem k tomu, že jde o maximální hodnotu měření, nastaví se tato v horní části stínítka obrazovky tak, aby se kryla s některým bodem registračního rastru, který je fixně umístěn před obrazovkou a v případě potřeby regulovatelně nasvěčován z vestavěného zdroje. Poté se tato vztažná hodnota zachytí paměťovým zařízením.

Velikost měřené veličiny je při měření určována podle vzdálenosti jednotlivých bodů, odpovídajících naměřeným hodnotám, od nastavené vztažné hodnoty měření. Tuto vzdálenost je možno na obrazovce tlakového indikátoru odečíst přímo /podle polohy bodů vzhledem k čarám registračního rastru/, nebo registrovat fotografickým způsobem. Cejchování se pak provádí stejným způsobem.

Pro fotografování z obrazovky bylo použito fototubusu, který je vidět na obr.3.2.2.2.5-1. Tento fototubus fixuje fotoaparát vůči osciloskopu, vymezuje vzdálenost objektivu od obrazovky a současně zastiňuje stínítko, aby obraz byl maximálně kontrastní.

Jako fotografický aparát byla při měření použita jednodoká zrcadlovka "Exakta Varex II B". Pozorování a nastavování všech pracovních bodů na obrazovce tlakového indikátoru se provádělo přes hledáček fotoaparátu.

Expozice byla prováděna na film Foma 17 DIN, při cloně 2,8 vycházela expoziční doba 1/30 - 1/60 s. Film byl vyvoláván normální negativní vývojkou Fomadon N bez dalších úprav. Celé měření se exponuje na jediné políčko filmu.



Obr.3.2.2.5-1 Pohled na tlakový indikátor s fototubusem
a fotografickým aparátem

Měření se sejme jako řada bodů, různě vertikálně umístěných vzhledem k registračnímu rastru obrazovky, jejichž pořadí je nutno při měření zaznamenávat. Při cejchování se postupuje stejným způsobem.

Vyhodnocení snímků měření je možno provádět dvojím způsobem, buď odečtením a porovnáním vzdáleností exponovaných bodů měření a cejchování za pomoci zvětšení promítacím přístrojem, logičtější však je vykopírování na pozitivní snímky. Pozitivní snímky se velmi dobře vyhodnocují, i při rozostřední bodu na obrazovce je možno na snímku určit interpolací středovou hodnotu bodu.

I když při vyhodnocování snímků měření nezáleží na zvětšení, je nutno zachovat podmínku, aby bylo použito stejně velkého zvětšení u snímků z měření a u snímků z cejchování. Velikost zvětšení je možno posuzovat podle velikosti zvětšení rastru obrazovky, který se současně na snímek exponuje. Tímto postupem je možno kdykoliv znovu získat libovolný počet pozitivních snímků provedeného měření.

Fotografická metoda záznamu se ukázala jako spolehlivá a velmi přesná. S dostatečnou přesností je však možno použít i rychlejší přímou metodu odečítání naměřených hodnot. Postupuje se tak, že se vertikální poloha jednotlivých bodů měření vzhledem k registračnímu rastru přístroje zakreslí na papír, načež se při cejchování nastaví body cejchu přesně do poloh bodů měření a odečtou se přímo odpovídající hodnoty sil, vyvozených cejchovacím zařízením /přesněji výchylky číselníkového úchylkoměru cejchovacího zařízení - viz dále/. Pozorování bodů měření a cejchování je nutno provádět přes hledáček fotoaparátu, aby se vymežila přesná poloha pozorování obrazovky osciloskopu.

3.2.2.2.6 Cejchovací zařízení

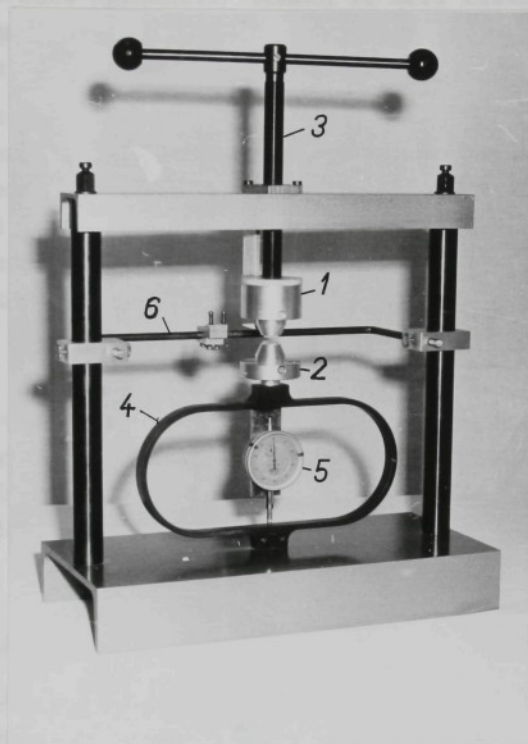
Úkolem cejchovacího zařízení je vyvinout měřitelnou sílu na snimač. Konkretní síly, působící na snimač v návinu, se určí porovnáním hodnot získaných při měření a při cejchování. Protože je známa plocha snimače, je možno výpočtem určit tlak na snimač.

V celém systému měření se vyskytuje řada nelinearit, z nichž každá se větší či menší měrou promítne do výsledku měření. Zjišťovat jednotlivé vlivy všech nelineárních členů a provádět korekci získávaných hodnot je zcela nereálné. Daleko jednodušší je prostě vzít na vědomí existenci i vliv nelineárních členů a získat cejchovací křivku s nelineární stupnicí, pomocí níž je potom možné vyhodnotit výsledky měření. Použije-li se při cejchování stejného postupu, stejného zvětšení a stejných měřicích prvků, jako při měření, bude takovýto systém cejchování prakticky eliminovat při měření vzniklé nelinearity. Tento způsob byl také při cejchování použit.

Konkretní provedení cejchovacího zařízení

V počáteční fázi výzkumu při ověřování jednotlivých myšlenek byl zkoušený snimač cejchován závažími, která na něj byla zavěšována pomocí zvlášť upraveného třmenového závěsu. I když tento způsob cejchování po funkční stránce poskytoval potřebné informativní údaje, pro potřeby skutečného měření byl manipulačně těžkopádný a také nepřesný. Proto bylo pro cejchování u měření tlaku v křížem soukaných cívkách navrženo a vyrobeno cejchovací zařízení, zobrazené na obr.3.2.2.2.6-1.

Snimač je v cejchovacím zařízení stlačován mezi dvěma čelistmi 1,2. Tyto čelisti mají upraveny styčné plochy, mezi kterými je snimač stlačován, do obdélníkového tvaru o velikosti rozměrů snimače. Horní čelist 1 je posunována pomocí přesného šroubu 3 a vyvozuje tak potřebnou sílu na snimač. Dolní čelist 2 je připevněna na třmenovém siloměru 4,



- 1 — HORNÍ ČELIST
- 2 — DOLNÍ ČELIST
- 3 — PŘESNÝ ŠROUB
- 4 — TRMENOVÝ SILOMĚR
- 5 — ČÍSELNÍKOVÝ ÚCHYLKOMĚR
- 6 — DRŽÁK KABELU

Obr.3.2.2.2.6-1 Cejchovací zařízení

jehož třmen se vyvozovanou silou na snimač deformuje. Způsobená deformace /prohnutí/ třmenu se měří číselníkovým úchylkoměrem 5 značky "Somet" a podle údaje číselníkového úchylkoměru se hodnotí vyvozená síla na snimač.

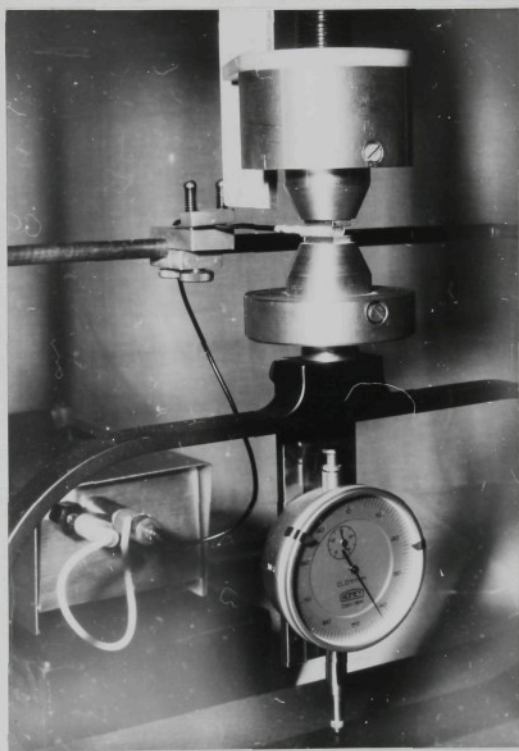
Třmenový siloměr byl vyroben ve Vývojových dílnách VŠST v Liberci a cejchován Úřadem pro míry a váhy v Praze. Kopie provedeného cejchu je pro informaci zařazena jako příloha pod označením příl.3.2.2.2.6-I. Jelikož bylo cejchování třmenu prováděno v prosinci 1971, byl tento cejch proveden ve stávající měrové soustavě SI již nepoužívaných jednotkách síly [kp] a do této práce zařazen v původním provedení.

Konstrukční provedení rámu cejchovacího zařízení zaručuje stabilitu zařízení při cejchování. Součástí cejchovacího zařízení je i nastavitelný držák 6 koaxiálního kabelu snimače, jež slouží k fixaci tohoto kabelu při cejchování.

Postup při cejchování

Jak již bylo poznamenáno, je pro vyloučení vlivu možných nelinearit měřicího řetězce nutno při cejchování zachovat přesně tentýž postup a podmínky, jako při měření. Cejchování je proto potřeba provádět sestupně, to znamená snimač postupně odlehčovat, jako při odvíjení měřeného návinu.

Po umístění snimače do cejchovacího zařízení, které je detailně znázorněno na obr.3.2.2.2.6-2, je snimač stlačen odpovídající silou na vztažnou hodnotu měření, tedy v tomto případě na hodnotu maximálního tlaku na snimač. Postupným odlehčováním snimače až na hodnotu nulového zatížení se získá cejchovací křivka či nelineární stupnice cejchovací křivky, podle níž se určí konkrétní hodnota zatížení snimače v návinu. V případě, že se použije metoda přímého odečítání hodnot, odlehčuje se snimač přímo na konkrétní hodnoty měření a na cejchovacím zařízení se pak přímo odečítají odpovídající síly na snimač /výchyly číselníkového úchylkoměru/.



Obr.3.2.2.2.6-2 Detailní pohled na umístění snimače
v cejchovacím zařízení

Na cejchovacím zařízení byla rovněž ověřena hystereze snimače s dobou zatížení. Snimač byl zatížen při stejném nastavení citlivosti, jako při měření, na přibližně dvojnásobek maximální hodnoty měření /100 N/ po dobu 86,4 ks /24 hod/. Za těchto podmínek byla zjištěna difference 3,7% z nastavené síly na snimač, což je hodnota poměrně velmi příznivá.

3.2.3 Silové poměry v návínu při zasoukání snimače

Při soukání se nit ukládá na cívku pod určitým napětím /či tažnou silou/ P_0 . U cívek s křížovým vinutím je možno, jak vyplývá z obr.3.2.3-la, rozložit toto napětí navinuté nitě na axiální složku P_a a na tangenciální složku P_t .

$$P_a = P_0 \cdot \sin \alpha$$

$$P_t = P_0 \cdot \cos \alpha$$

P - napětí /tažná síla/ nitě při soukání

α - úhel stoupání nitě na cívce

Hodnota úhlu stoupání nitě na cívce pak závisí na druhu rozvádění při soukání. U nepřímého /tangenciálního/ pohonu cívek, tedy při rozvádění nitě bubnem nebo válcem, je úhel stoupání nitě na cívce konstantní / $\alpha = \text{konst.}$ / a počet závitů se mění nepřímo úměrně s průměrem cívky /se vzrůstajícím průměrem ubývá/.

U přímého /osového/ pohonu cívek, tedy u přesných křížem soukacích strojů, se úhel stoupání na cívce mění podle vztahu, uvedeného již v kapitole 3.1.1 :

$$\cos \alpha = \frac{r}{\sqrt{\left(\frac{L \cdot n_z}{\pi \cdot n}\right)^2 + r^2}}$$

α - úhel stoupání nitě

r - poloměr vrstvy vinutí

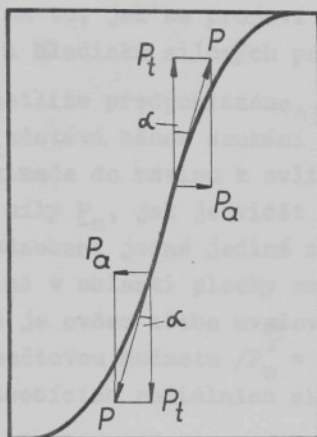
L - délka vrstvy vinutí

n_z - počet dvojjzdvihů vodiče nití za jednotku času

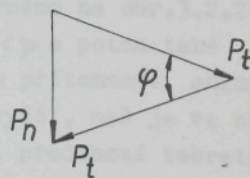
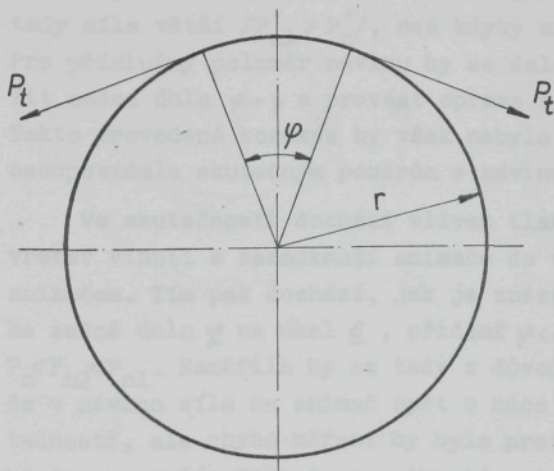
n - počet otáček vřetene za jednotku času

Podle obr.3.2.3-lb si můžeme představit nit, navinutou na libovolně zvoleném poloměru návínu r . Na obou koncích vytknutého elementu obvodu návínu působí tangenciální složky napětí nitě P_t . Obě tyto složky je možno složit do jedné výslednice P_n , směřující radiálně dovnitř návínu. Působí tedy každá nit, navíjená pod určitým napětím, radiální silou na svůj podklad, t.j. na dutinku nebo pod nití ležící vrstvy návínu. Hodnotu této radiálně působící síly můžeme vypočítat ze vztahu

$$P_n = 2 \cdot P_t \cdot \sin \frac{\varphi}{2}$$



$$\frac{\alpha}{b}$$



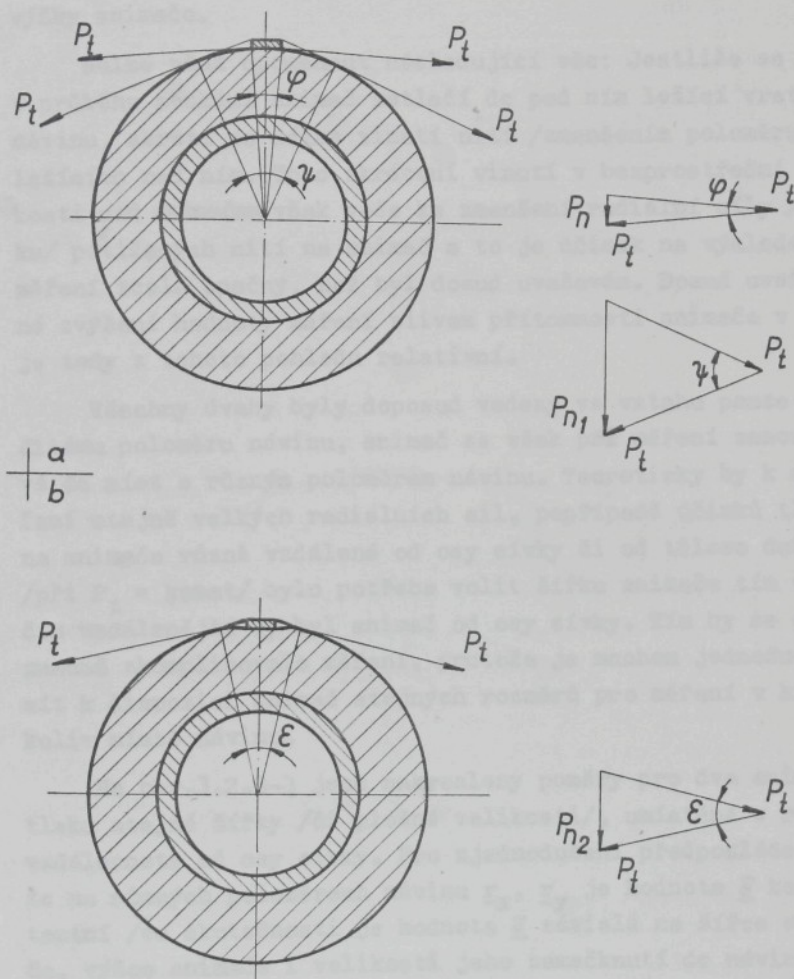
Obr.3.2.3-1a,b Rozklad napětí /tažné síly/ nitě na cívce

Účelem dalšího pojednání není zabývat se matematickou cestou určením této radiální síly či tlaku vinutí, ale poukázat na to, jak se projeví přisoukání snimače tlaku do návínu z hlediska silových poměrů v návínu.

Jestliže předpokládáme, že tangenciální složka napětí nitě P_t zůstává během soukání konstantní, dochází při zasoukání snimače do návínu k ovlivnění velikosti radiálně působící síly P_n , jak je vidět z obr.3.2.3-2a. Přitom namísto vlivu působení jedné jediné nitě můžeme vést stejné úvahy o skupině v oblasti plochy snimače ležících nití. V tom případě je ovšem třeba uvažovat radiální sílu na snimač P'_n jako součtovou hodnotu $P'_n = \sum P_n$ v oblasti plochy snimače působících radiálních sil jednotlivých nití P_n .

Nitě, které jsou ovíjeny kolem snimače šířky b přiléhají od hran snimače tangenciálně k tělesu návínu, čímž dojde ke změně úhlu φ na úhel ψ . Jak je vidět ze silových trojúhelníků na obr.3.2.3-2a, způsobí změna úhlu $\varphi \rightarrow \psi$ změnu radiální síly navíjené nitě na snimač $P_n \rightarrow P_{nl}$. V důsledku přítomnosti snimače v místě měřeného tlaku naměří se tedy síla větší $P'_{nl} > P'_n$, než kdyby snimač v návínu nebyl. Pro příslušný poloměr návínu by se dala geometricky vyjádřit změna úhlu $\varphi \rightarrow \psi$ a provést oprava naměřených hodnot. Takto provedená korekce by však nebyla přesná, protože by neodpovídala skutečným poměrům v návínu.

Ve skutečnosti dochází vlivem tlaku dále navíjených vrstev vinutí k zamačknutí snimače do vrstvy, ležící pod snimačem. Tím pak dochází, jak je znázorněno na obr.3.2.2-2b, ke změně úhlu φ na úhel ε , přičemž $\varphi < \varepsilon < \psi$ a potom také $P_n < P_{n2} < P_{nl}$. Naměřila by se tedy z důvodu přítomnosti snimače v návínu síla na snimač opět o něco vyšší, než je ve skutečnosti, ale chyba měření by byla proti předchozí teoretické úvaze menší. Hodnotu zamačknutí snimače není možné přesně určit, protože bude záviset na dalších okolnostech, jako např. na tvrdosti návínu pod snimačem, hustotě niťových závitů ve vrstvě, druhu soukaného materiálu a pod. Pro případnou opravu by tedy bylo možno hodnotu zamačknutí snimače



Obr.3.2.3-2a,b Vliv přítomnosti snimače v návínu na velikost radiálně působící síly P_n

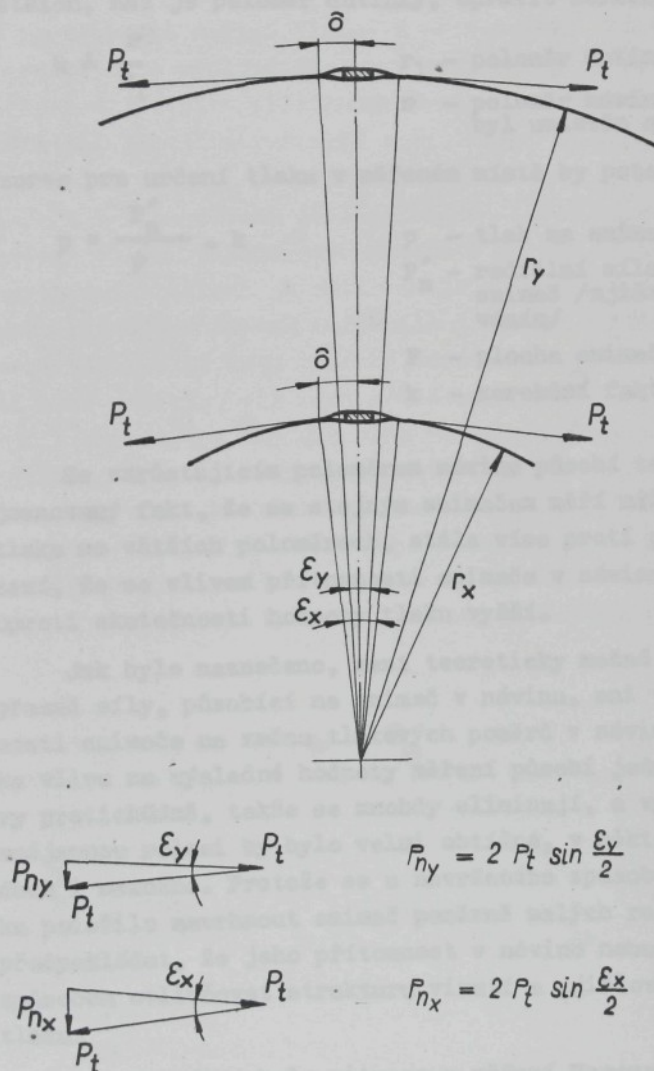
pouze předpokládat, například hodnotu zamačknutí $1/3 \div 1/2$ výšky snimače.

Nelze však opomenout následující věc: Jestliže se v průběhu soukání snimač zatlačí do pod ním ležící vrstvy návinu, zkrátí se délka vinutí nití /zmenšením poloměru/, ležících nad ním. Toto zkrácení vinutí v bezprostřední blízkosti nad snimačem však vede ke zmenšení radiální síly /tlaku/ pětizžených nití na snimač a to je účinek na výsledek měření zcela opačný, než byl dosud uvažován. Dosud uvažované zvýšení hodnoty měření vlivem přítomnosti snimače v návinu je tedy z tohoto pohledu relativní.

Všechny úvahy byly doposud vedeny ve vztahu pouze k určitému poloměru návinu, snimač se však při měření zasoukává do míst s různým poloměrem návinu. Teoreticky by k dosažení stejně velkých radiálních sil, popřípadě účinků tlaků, na snimače různě vzdálené od osy cívky či od tělesa dutinky /při $P_t = \text{konst.}$ / bylo potřeba volit šířku snimače tím větší, čím vzdálenější by byl snimač od osy cívky. Tím by se ovšem značně zkomplikovalo měření, protože je mnohem jednodušší mít k dispozici snimač stejných rozměrů pro měření v kterémkoliv místě návinu.

Na obr.3.2.3-3 jsou nakresleny poměry pro dva snimače tlaku stejné šířky /či plošné velikosti/, umístěné v různé vzdálenosti od osy cívky. Pro zjednodušení předpokládejme, že na různých poloměrech návinu r_x , r_y je hodnota $\hat{\sigma}$ konstantní /ve skutečnosti je hodnota $\hat{\sigma}$ závislá na šířce snimače, výšce snimače i velikosti jeho zamačknutí do návinu a na poloměru návinu/. Z hlediska vztahu $P_n = 2 \cdot P_t \cdot \sin \frac{\epsilon}{2}$ je zřejmé, že pro snimače stejné šířky je radiální síla nitě P_n na snimač tím větší, čím blíže je snimač k dutince cívky / $r_x < r_y \Rightarrow P_{nx} > P_{ny}$ /. Korekční faktor, který bychom museli v tomto případě zavést, by se podle vztahů na obr.3.2.3-3 určil:

$$k_{xy} = \frac{\sin \frac{\epsilon_x}{2}}{\sin \frac{\epsilon_y}{2}} \approx \frac{\frac{\hat{\sigma}}{r_x}}{\frac{\hat{\sigma}}{r_y}} \approx \frac{r_y}{r_x}$$



Obr.3.2.3-3 Velikost radiální síly v závislosti na umístění snimače v návinnu

Jestliže bychom při měření vycházeli z naměřeného tlaku na dutinku, musely by se naměřené hodnoty tlaku na poloměrech větších, než je poloměr dutinky, opravit korekčním faktorem

$$k = \frac{r}{r_1}$$

r_1 - poloměr dutinky

r - poloměr návinu, ve kterém byl umístěn snímač

Vzorec pro určení tlaku v měřeném místě by potom měl tvar

$$p = \frac{P'_n}{F} \cdot k$$

p - tlak na snímač

P'_n - radiální síla vinutí na snímač /zjištěná cejchováním/

F - plocha snímače

k - korekční faktor

Se vzrůstajícím poloměrem návinu působí tento posledně jmenovaný fakt, že se stejným snímačem měří nižší hodnoty tlaku na větších poloměrech, stále více proti počátečnímu tvrzení, že se vlivem přítomnosti snímače v návinu zjišťují oproti skutečnosti hodnoty tlaku vyšší.

Jak bylo naznačeno, není teoreticky možné určit zcela přesně síly, působící na snímač v návinu, ani vliv přítomnosti snímače na změnu tlakových poměrů v návinu. Z hlediska vlivu na výsledné hodnoty měření působí jednotlivé faktory protichůdně, takže se mnohdy eliminují, a vymezit jejich vzájemnou relaci by bylo velmi obtížné, v některých případech i nemožné. Protože se u navrženého způsobu měření tlaku podařilo navrhnout snímač poměrně malých rozměrů, dá se předpokládat, že jeho přítomnost v návinu nebude podstatným způsobem ovlivňovat strukturu vinutí a zjišťované hodnoty tlaku.

Poněkud jiná byla situace u měření Wegenera, kde bylo nutné provádět korekturu naměřených hodnot, jelikož pohyb bloku, působícího na listovou pružinu snímače, podstatným způsobem ovlivňoval výsledky měření. Tato situace u navržené kapacitní metody měření tlaku nenastává, protože velikost radiálního stlačení dielektrických vrstev snímače je zcela zanedbatelná.

Pro úplnost je vhodné na tomto místě poněkud předběhnout sled popisu práce a doplnit tuto kapitolu poznatkem z provedených měření tlaku. Z provedeného teoretického rozboru situace vyplývá, že není teoreticky možné dostatečně přesně určit vliv přítomnosti snimače v návínu na přesnost zjištění skutečné radiální síly, resp. tlaku nití v návínu /radiální síla P'_n se při měření zjišťuje cejchováním snimače/. Z toho důvodu je lépe hledat cestu experimentálního určení vlivu přítomnosti snimače v návínu. Podle výsledku provedených měření je možno usoudit, že pokud by přítomnost snimače v návínu ovlivnila přesnost zjištění skutečného tlaku v návínu, bylo by to v největší míře v blízkosti tuhé dutinky, kde není možné zamačknutí snimače. Způsobem naznačeným v kap.4.6 bude možné při dále prováděném výzkumu experimentálně určit vliv přítomnosti snimače na přesnost zjištění skutečné radiální síly P'_n při měření tlaku na dutinku. Při sledování samotného vlivu umístění snimače na různém poloměru návínu by se dal vliv zamačknutí snimače do návínu vyloučit vhodnou podložkou pod snimač.

3.2.4 Charakteristika a přínos navržené metody měření tlaku v křížem soukaných cívkách

Zjišťování tlaku v křížem soukaných cívkách podle navržené metody měření je realizováno pomocí kapacitních snímačů tlaku, zasoukávaných do libovolně zvolených míst v návinu. V závislosti na stlačení snímače v návinu lze určovat jak velikost tlaku, tak i průběh tlaku v měřeném místě.

Z provozního hlediska je navržený způsob měření jednoduchý a použitelný bez větší přípravy přímo v provozu, nevyžaduje speciální úpravu nosného tělesa návinu, ani různé provedení snímače při měření tlaku nití na dutinku nebo tlaku mezi vrstvami vinutí - stejným snímačem se dá měřit tlak v kterémkoliv místě návinu.

Oproti dosud provedeným měřením jinými autory, která se zabývají pouze měřením tlaku v cívkách válcového tvaru, lze měřit pomocí navržené metody bez problémů i tlaky v kuželových cívkách.

I když snímač tlaku, který je nutno zasoukat do návinu, poněkud narušuje stavbu vinutí v místě měřeného tlaku, děje se tak z důvodu malých rozměrů snímače v mnohem menší míře, než u dosud provedených pokusů měřit tlak mezi vrstvami vinutí. Během měření se také neuplatňuje vliv zahřívání snímače v návinu a proto jej není zapotřebí sledovat.

Měření není omezeno pouze na sledování tlaku v návinech v souvislosti s různými podmínkami soukání, stejně dobře se dá sledovat vliv relaxace navinutého materiálu na velikost měřeného tlaku z hlediska doby odležení návinu i vliv různých jiných faktorů, jako například vlhkosti či dalších fyzikálně chemických vlivů.

Jelikož se vlastní měření tlaku provádí při odvíjení návinu, nabízí se k použití při měření výhodná alternativa, a sice zasoukat snímač do návinu v provozu a vlastní měření tlaku i cejchování provést v laboratorních podmínkách, kde by pro potřebné přesoukání cívky stačila jediná soukací hlava.

Navržená metoda měření tlaku v křížem soukaných cívkách byla v obecnější formě přihlášena jako vynález pod číslem PV 2374-74 s názvem "Zařízení ke zjišťování tlaku v navinutém nebo nabaleném materiálu" [27]. Je pochopitelné, že těžiště využití přihlašovaného vynálezu bude ležet v oblasti textilního průmyslu, logické je však i uplatnění v jiných oborech s obdobnou problematikou. Kromě v této práci popsaného použití metody při měření tlaku v nitových návinech by bylo dále možné podle navržené metody měřit tlaky v nábaľech plošných textilií, mezi dvěma pružnými válci a pod.

Při realizaci navržené měřicí metody bylo nutné pro měření tlaku v křížem soukaných cívkách kromě vlastního snimače tlaku vyvinout a vyrobit paměťové zařízení a cejchovací zařízení, které byly již dříve popsány.

Paměťové zařízení, které je myšleno jako přídavné zařízení k elektronickému měřicímu přístroji, umožňuje vyloučit vliv případné dlouhodobé nestability měřicího přístroje či zachytit různý počet naměřených hodnot a následně podle potřeby, i opakovaně, tyto hodnoty na měřicím přístroji vyvolávat. Vzhledem k tomu, že princip navrženého paměťového zařízení je obecně použitelný u mnoha dalších měření neelektrických veličin elektronickými měřicími přístroji, byl tento princip měření přihlášen rovněž jako vynález pod číslem PV 2373-74 s názvem "Způsob a zařízení k měření neelektrických veličin" [28].

4. PRAKTICKÉ OVĚŘENÍ NAVRŽENÉ METODY MĚŘENÍ TLAKU V PROVOZNÍCH PODMÍNKÁCH

Úvodem této kapitoly je nutno poznamenat, že cílem předkládané kandidátské disertační práce bylo navrhnout, realizovat a odzkoušet metodu měření tlaku v křížem soukaných cívkách. Kompletní a vyčerpávajícím způsobem provedený rozbor tlaku v křížem soukaných cívkách by vyžadoval systematicky sledovat, obměňovat a vyhodnocovat různé parametry a podmínky, ovlivňující velikost tlaku v návínu během soukání a při skladování nasoukaných cívek, což pochopitelně nebylo vzhledem k rozsáhlosti vytyčeného úkolu a termínovanému předložení kandidátské práce v silách jediného řešitele. Přesto považuje autor za vhodné uvést v této kapitole alespoň stručně své poznatky z provedených měření tlaku při ověřovacích zkouškách navržené metody měření i některé poznatky, získané při studiu uvedené literatury či odkazy na příslušnou literaturu. I tak ve srovnání s již zmíněnou v této oblasti první zveřejněnou prací prof. Wegenera a jeho spolupracovníků z NSR byl proveden v rámci této předkládané práce srovnatelný počet měření. Práce dále pokračuje s provedením dalších měření tlaku v křížem soukaných cívkách se uvažuje při řešení dílčí části fakultního úkolu LFT-246 "Uplatnění pokrokových metod ve tkalcovské technologii".

Ověřování navržené kapacitní metody měření tlaku v křížem soukaných cívkách probíhalo prakticky ve dvou etapách. V první etapě bylo provedeno značné množství zkoušek v dílenských laboratořích katedry tkalcovství a pletářství, podle jejichž výsledků byla volena potřebná opatření při vlastním návrhu a realizaci snímače, přívodního kabelu snímače, paměťového i cejchovacího zařízení. Výsledky těchto zkoušek nejsou uváděny, protože sloužily pouze k ověření realizace a spolehlivosti navržené metody měření, k ověření celého měřicího systému včetně cejchování a nebyly prováděny systematicky z hlediska rozboru tlaku v křížem soukaných cívkách. Ve druhé etapě byly

prováděny ověřovací zkoušky včetně vyhodnocování tlaku v cívkách přímo v provozních podmínkách, a sice v n.p. Textilana, závod Chrástava. Výsledky těchto provozních zkoušek jsou uvedeny v dalších částech této kapitoly.

4.1 OZNAČOVÁNÍ TLOUŠŤKY NÁVINU NA DUTINCE CÍVKY A POSTUP PŘI URČOVÁNÍ HODNOTY TLAKU

4.1.1 Označování tloušťky návinu na dutince cívky

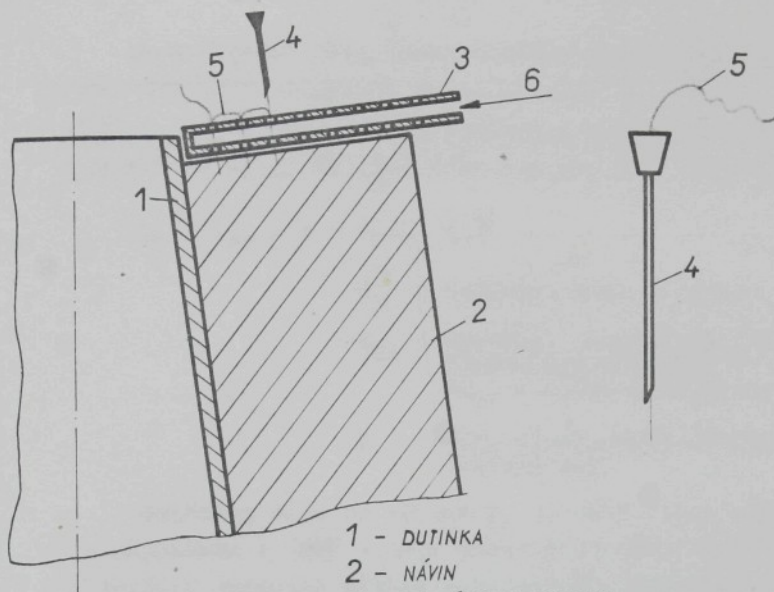
Pro získání grafického průběhu tlaku v měřeném místě při odvíjení návinu bylo zapotřebí sledovat hodnoty tlaku v závislosti na momentálním průměru či poloměru návinu, resp. na momentální tloušťce návinu na dutince. Vzhledem ke kuželovitosti měřené cívky bylo vhodnější odměřovat a označovat tloušťku návinu na dutince cívky /vzdálenost povrchové přímky momentálního návinu od dutinky/. K tomu bylo pak zapotřebí najít způsob, jak prakticky označit odstupňování tloušťky návinu t_n na malém čele kuželové cívky, které je při odvíjení návinu vidět.

Označování čela cívky barevnými značkami nebylo vhodné, protože by obtížné sledování takovýchto značek odpouštěvalo pozornost od vlastního měření. Zapíchnutí lépe viditelných hmotnějších značek by zase mělo za následek přetrhy nitě při jejím odvíjení nebo nutné zastavování soukačského stroje při odstraňování značek.

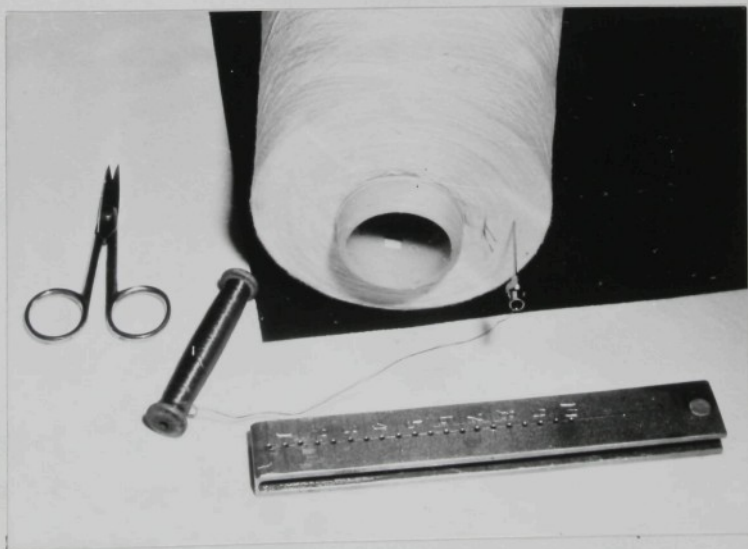
Situace byla vyřešena tak, že do malého čela cívky byly pomocí dvojitého pravítka a injekční jehly vpichnuty kousky barevné kontrastní nitě, jejichž délka byla upravena přistřížením. Dvojitý pravítko bylo opatřeno otvory v příslušné rozteči, pomocí kterých byla zaručena kolmost vpichu jehly do návinu. Tento způsob označování se osvědčil, protože jednotlivé kousky barevné nitě při odvíjení návinu samy odlétávaly, nedocházelo tedy k přetrhům odvíjené nitě a vlastní měření nemuselo být přerušováno. Navržený způsob označování je zobrazen na obr.4.1.1-la,b.

4.1.2 Určení hodnoty tlaku v křížem soukané cívce

Jak již bylo popsáno, získá se během odvíjení měřené cívky potřebný počet hodnot měření, které se vyhodnotí při cejchování a zjistí se tak odpovídající hodnoty radiálních sil na snimač v návinu.



- 1 - DUTINKA
2 - NÁVIN
3 - PRAVÍTKO S OTVORY
4 - INJEKČNÍ JEHLA S NAVEDENOU NITÍ
5 - BAREVNÁ KONTRASTNÍ NIT
6 - MÍSTO PRO PŘESTŘÍŽENÍ VPICHNUTÝCH NITÍ



Obr.4.1.1-la,b Označování výšky návinu při měření

Zaznamenaný údaj číselníkového úchylkoměru cejchovacího zařízení je přitom nutno převést na hodnotu radiální síly P_n na snimač, což se provádí u třmenového siloměru s rozsahem 0 - 1 Mp /viz příl.3.2.2.2.6-I/ podle vztahu

$$P_n^* = c_{tl} \cdot y = 0,129 \cdot y$$

P_n^* - radiální síla na snimač [kp]

c_{tl} - převodní tlakový koeficient
třmenového siloměru
/ $c_{tl} = 0,129 \text{ kp}/0,01 \text{ mm} /$

y - údaj číselníkového úchylkoměru
[setiny mm]

Radiální síla na snimač P_n je však podle tohoto vztahu vyjádřena v [kp] a její hodnotu je nutno vyjádřit ve stávající jednotné měrové soustavě SI. Hodnota radiální síly na snimač P_n' , vyjádřená v [N] se vypočítá

$$P_n' = 9,81 \cdot P_n = 9,81 \cdot 0,129 \cdot y = 1,26549 \cdot y$$

P_n' - radiální síla na snimač [N]

y - údaj číselníkového úchylkoměru
[setiny mm]

Hodnota tlaku v křížem soukané cívce se potom určí ze vztahu

$$p = \frac{P_n'}{F}$$

p - zjišťovaná hodnota tlaku [Pa]

P_n' - radiální síla na snimač [N]

F - plocha snimače [m^2]

Po dosazení

$$p = \frac{1,26549 \cdot y}{0,005 \cdot 0,011} = 23 \cdot 10^3 \cdot y \text{ [Pa]} = 23 \cdot y \text{ [kPa]}$$

Tlak vinutí p v měřeném místě v hodnotě měrové jednotky tlaku [kPa] se určí z výsledného vztahu $p = 23 \cdot y$, kde

za y se dosazuje údaj číselníkového úchylkoměru v setinách mm, zjištěný při cejchování.

Výsledky měření tlaku jsou zpracovány a v textu dále uváděny ve formě grafů, výchozí údaje číselníkového úchylkoměru a odpovídající hodnoty tlaku jsou uvedeny ve formě tabulek jako přílohy této práce pod stejnými čísly, jako příslušné grafické průběhy tlaku v textu práce.

4.2 PROVOZNÍ ZKOUŠKY MĚŘENÍ TLAKU V n.p. TEXTILANA

Kapacitní metoda měření tlaku v křížem soukaných cívkách byla ověřována přímo v provozních podmínkách, a to v n.p. Textilana, závod Chrastava. Měření tlaku bylo prováděno u kuželových křížových cívek, nasoukaných na čs. automatickém soukacím stroji Autosuk typ 2005.0 . Fotografie z měření v n.p. Textilana jsou uvedeny jako obr.4.2-1 a obr.4.2-2.

Pro ověřovací zkoušky byl použit v té době jediný v závodě zpracovávaný druh materiálu - směsová příze 70 PES/30 VS jemnosti 25 tex. Soukání měřených cívek bylo prováděno při parametrech, na které byl automatický soukací stroj Autosuk seřízen při běžné výrobě: při obvodové rychlosti rozváděcího válce 13,33 m/s /800m/min/ a střední hodnotě napětí příze za niťovou brzdičkou 0,245 N /25 p/. Délka zdvihu /šířka návinnu/ při soukání kuželových křížových cívek byla 150 mm, úkos dutinky 0,07563 rad /4°20', průměrová zarážka soukacího stroje byla nastavena na průměr malého čela cívky 180 mm. Přesoukávání příze při měření bylo prováděno za stejných podmínek, jako soukání měřené cívky. Při provozních zkouškách měření tlaku byla v sukárně naměřena relativní vlhkost 55% a teplota 296,15 K /24°C/. Snímač byl při měření umisťován, až na jedinou výjimku /viz kap.4.3/, do středu cívky /do poloviny zdvihu/.



Obr.4.2-1 Provozní zkoušky měření tlaku v n.p. Textilana,
závod Chrastava



Obr.4.2-2 Provozní zkoušky měření tlaku v n.p. Textilana,
závod Chrastava

4.3 TLAK NA DUTINKU

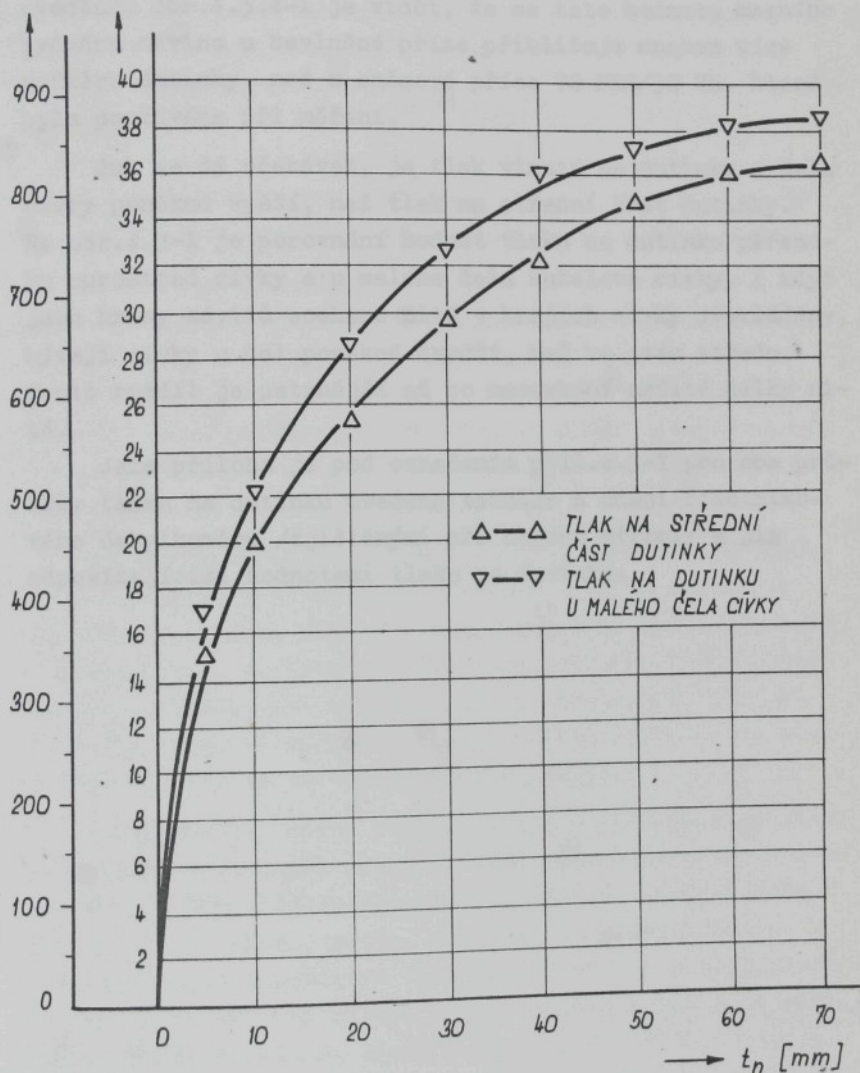
Při měření tlaku vinutí na dutinku kuželové cívky byly do návinnu umístěny dva snímače současně, a to jeden snímač na střed dutinky, druhý snímač v krajní části dutinky do místa malého čela cívky. Oba snímače byly zasoukány a cívka dosoukána na plný průměr. Měření probíhalo při odvíjení současně na obou kanálech tlakového indikátoru. Doba měření /t.j. čas pro zasoukání snímačů, dosoukání cívky, vlastní měření a cejchování/ byla zhruba 198 ks /5,5 hod/.

Získané průběhy tlaku na dutinku při odvíjení návinnu jsou zobrazeny graficky na obr.4.3-1, kde na ose souřadnic jsou vyneseny hodnoty momentální tloušťky návinnu t_n a na ose pořadnic údaje číselníkového úchylkoměru y a jim odpovídající hodnoty tlaku p .

Z výsledku měření tlaku vinutí na dutinku vyplývá, že se působení tlaku nad sebou ležících vrstev vinutí nešíří ve stejném poměru až na dutinku. U spodních, silně stlačených vrstev vinutí, které leží v blízkosti dutinky, dochází oproti vnějším vrstvám k určitému "ztužení" těchto nižších navinutých vrstev a v důsledku toho je tlak vnějších vrstev vinutí určitou měrou "zachycován" mezi níže položenými vrstvami vinutí a nepřenáší se plně až na dutinku cívky. Tato ztráta vlivu tlakového působení na dutinku je u příslušné vrstvy vinutí tím větší, čím vzdálenější je tato vrstva od dutinky.

Jak je zřejmé z grafického průběhu tlaku na dutinku na obr.4.3-1, vyvíjí v blízkosti dutinky nacházející se vrstvy vinutí vysoký tlak na dutinku a čím dále leží jednotlivé vrstvy vinutí od dutinky, tím víc se zmenšuje jejich vliv a tedy jejich tlakové působení na dutinku.

Obecně by bylo možno říci, že od určité mezní velikosti průměru návinnu by dále navíjené vrstvy již neměly žádný vliv nebo by měly nepodstatný vliv na hodnotu tlaku na dutinku či na nejnižší navinuté vrstvy vinutí. Tato tendence a hodnota tohoto mezního průměru návinnu bude u

p [kPa] y [0.01mm]

Obr.4.3-1 Průběh poklesu tlaku na dutinku zjištěný uprostřed cívky a u malého čela kuželové cívky při odvíjení návinu

různých materiálů odlišná a bude záviset i na podmínkách při soukání. Tak např. z grafického průběhu tlaku na dále uváděném obr.4.5.4-1 je vidět, že se tato hodnota mezního průměru návinnu u bavlněné příze přibližuje mnohem více průměru dutinky, než u směsové příze 70 PES/30 VS, která byla používána při měření.

Jak se dá očekávat, je tlak vinutí na dutinku u čela cívky poněkud vyšší, než tlak na střední část dutinky. Na obr.4.3-1 je porovnání hodnot tlaku na dutinku měřeného uprostřed cívky a u malého čela kuželové cívky. I když jsou hrany závitů soukané nitě v krajích cívky překládány, bývají cívky u čel poněkud tvrdší, než ve svém středu. Tento rozdíl je patrnější až po nasoukání určité délky nitě.

Jako příloha je pod označením příl.4.3-I pro oba průběhy tlaku na dutinku uvedena tabulka s údaji číselníkového úchylnoměru /zjištěnými při cejchu měření/ a jim odpovídajícími hodnotami tlaku na dutinku.

4.4 TLAK MEZI VRSTVAMI VINUTÍ

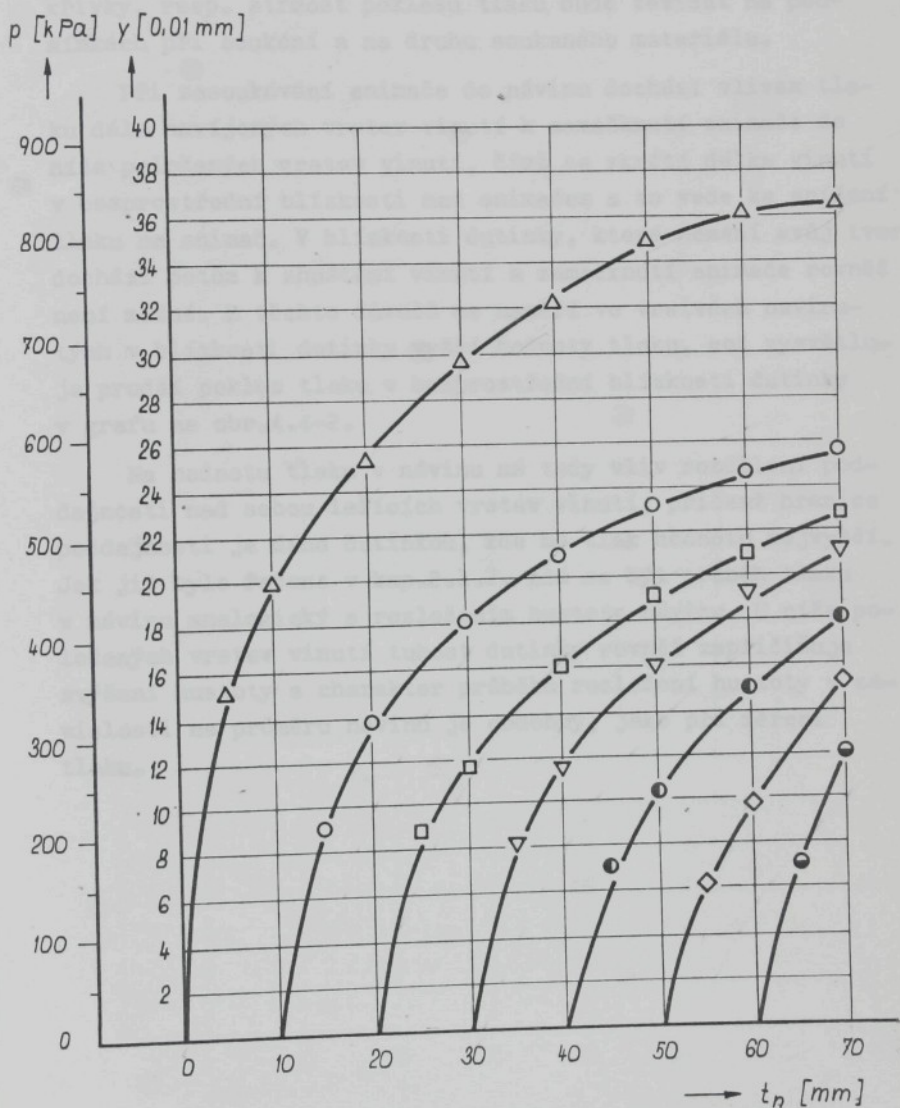
Pro získání průběhů tlaků při odvíjení návinů podle obr.4.4-1 bylo zapotřebí provést 7 měření, při kterých byl snimač tlaku umisťován vždy na povrch návinu určité tloušťky a poté návin dosoukán na plný průměr cívky /na průměr malého čela 180 mm/. Odstupňování míst, ve kterých byl měřen tlak, bylo provedeno po 10-ti mm tloušťky návinu. Jednotlivá měření tlaku probíhala opět při odvíjení až do odvinutí vrstvy vinutí, která zakrývala zasoukaný snimač.

Ke zmíněným grafům na obr.4.4-1 je opět v příloze práce uvedena pod označením příl.4.4-Ia tabulka naměřených hodnot /údajů číselníkového úchylkoměru/ pro všech 7 měření, na ukázkou jsou dále jako příl.4.4-Ib a příl.4.4-Ic přiloženy fotografické záznamy hodnot měření a cejchování, získané při měření se snimačem umístěným mezi vrstvami vinutí na $t_n = 30 \text{ mm}$ a $t_n = 50 \text{ mm}$.

Při porovnávání grafického průběhu tlaku vinutí na dutinku s průběhy tlaků mezi vrstvami vinutí, získanými vždy během odvíjení návinu z plně nasoukané cívky, je možno konstatovat, že tyto průběhy jsou podobné. I v případě umístění snimače mezi vrstvami vinutí budou mít od snimače /resp. od místa měřeného tlaku/ vzdálenější vrstvy vinutí menší vliv na velikost měřeného tlaku.

Zaznamenané průběhy poklesu tlaku v různých tloušťkách /průměrech/ návinu při odvíjení plně nasoukané cívky nejsou však z hlediska sledovaného cíle podstatné, uvedené měření byla prováděna hlavně proto, aby byly zjištěny hodnoty tlaku v různých tloušťkách /průměrech/ návinu u plně nasoukané kuželové křížové cívky. Z tohoto důvodu byl ze zjištěných maximálních hodnot tlaku v různých tloušťkách návinu na dutince cívky sestrojen graf, uvedený na obr.4.4-2.

Z takto získaného grafu na obr.4.4-2 je vidět, že v bezprostřední blízkosti dutinky je pokles tlaku s přibývajícím tloušťkou či průměrem návinu značný, dále má křivka poklesu tlaku ve větším rozsahu tloušťky /průměrů/ návinu méně strmý průběh a při maximální tloušťce návinu, tedy na vnějším

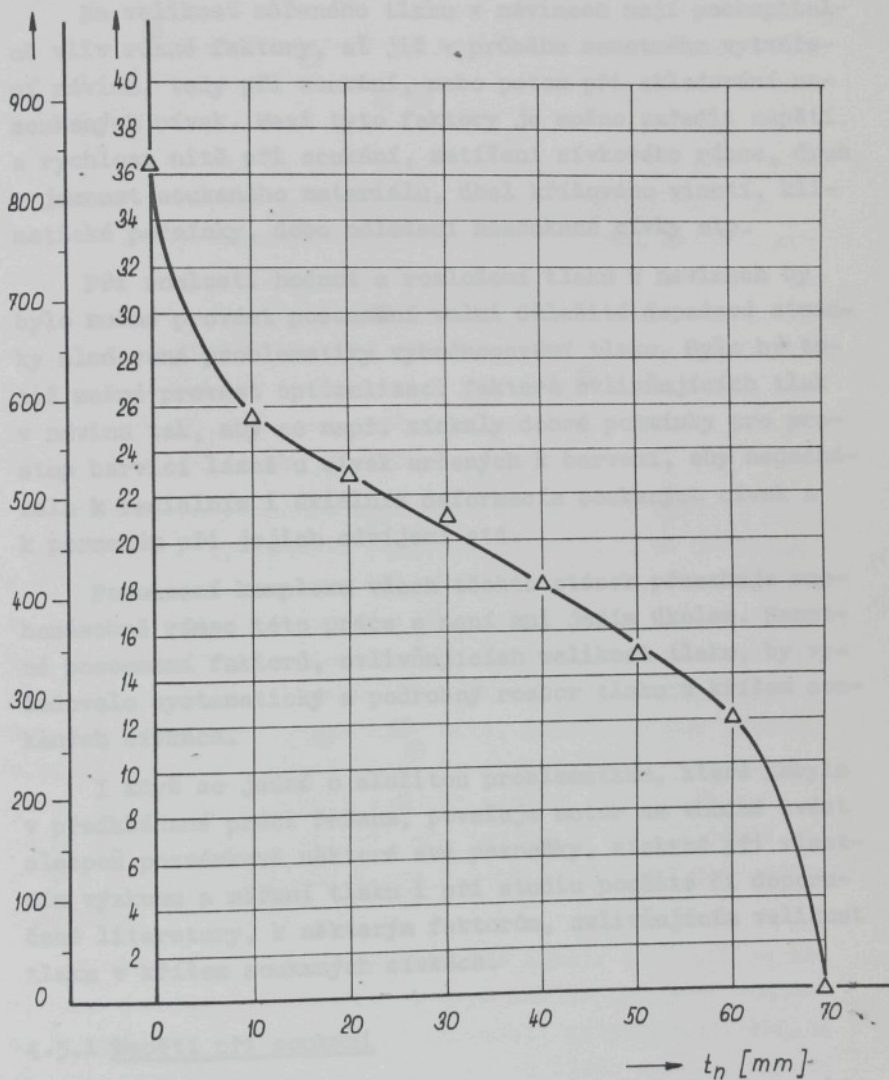


Obr.4.4-1 Průběhy poklesu tlaku v různých tloušťkách
návinu při odvíjení plně nasoukané cívky

průměru návínu, klesá tlak na nulovou hodnotu. Průběh křivky, resp. strmost poklesu tlaku bude záviset na podmínkách při soukání a na druhu soukaného materiálu.

Při zasoukávání snimače do návínu dochází vlivem tlaku dále navíjených vrstev vinutí k zamačknutí snimače do níže položených vrstev vinutí, čímž se zkrátí délka vinutí v bezprostřední blízkosti nad snimačem a to vede ke snížení tlaku na snimač. V blízkosti dutinky, která nemění svůj tvar, dochází potom k zhuštění vinutí a zamačknutí snimače rovněž není možné. Z těchto důvodů se naměří ve vrstvách návínutých v blízkosti dutinky vyšší hodnoty tlaku, což vysvětluje prudší pokles tlaku v bezprostřední blízkosti dutinky v grafu na obr.4.4-2.

Na hodnotu tlaku v návínu má tedy vliv rozdělení poddajnosti nad sebou ležících vrstev vinutí, přičemž hranice poddajnosti je dána dutinkou, kde má tlak hodnotu nejvyšší. Jak již bylo řečeno v kap.2.1.2, zdá se být průběh tlaku v návínu analogický s rozložením hustoty návínu. U níže položených vrstev vinutí tuhost dutinky rovněž zapřičiňuje zvýšení hustoty a charakter průběhu rozložení hustoty v závislosti na průměru návínu je obdobný, jako při měření tlaku.

p [kPa] y [0.01 mm]

Obr.4.4-2 Rozložení tlaku vinutí v plně nasoukané cívce

4.5 FAKTORY, OVlivŇUJÍCÍ VELIKOST TLAKU

Na velikost měřeného tlaku v návinech mají pochopitelně vliv různé faktory, ať již v průběhu samotného vytváření návinnu, tedy při soukání, nebo potom při skladování nasoukaných cívek. Mezi tyto faktory je možno zařadit napětí a rychlost nitě při soukání, zatížení cívkového rámce, druh a jemnost soukaného materiálu, úhel křížového vinutí, klimatické podmínky, dobu odležení nasoukané cívky atp.

Při znalosti hodnot a rozložení tlaku v návinech by bylo možné provést posouzení velmi důležité dopadové stránky sledované problematiky vyhodnocování tlaku. Bylo by totiž možné provést optimalizaci faktorů ovlivňujících tlak v návinnu tak, aby se např. získaly dobré podmínky pro prostop barvicí lázně u cívek určených k barvení, aby nedocházelo k radiálním i axiálním deformacím soukaných cívek a k poruchám při jejich odvíjení atd.

Posouzení komplexu všech těchto otázek přesahuje mnohonásobně rámec této práce a není ani jejím úkolem. Samotné posouzení faktorů, ovlivňujících velikost tlaku, by vyžadovalo systematický a podrobný rozbor tlaku v křížem soukaných cívkách.

I když se jedná o složitou problematiku, která nebyla v předkládané práci řešena, považuje autor za vhodné uvést alespoň poznámkově některé své poznatky, získané při vlastním výzkumu a měření tlaku i při studiu použité či doporučené literatury, k některým faktorům, ovlivňujícím velikost tlaku v křížem soukaných cívkách.

4.5.1 Napětí při soukání

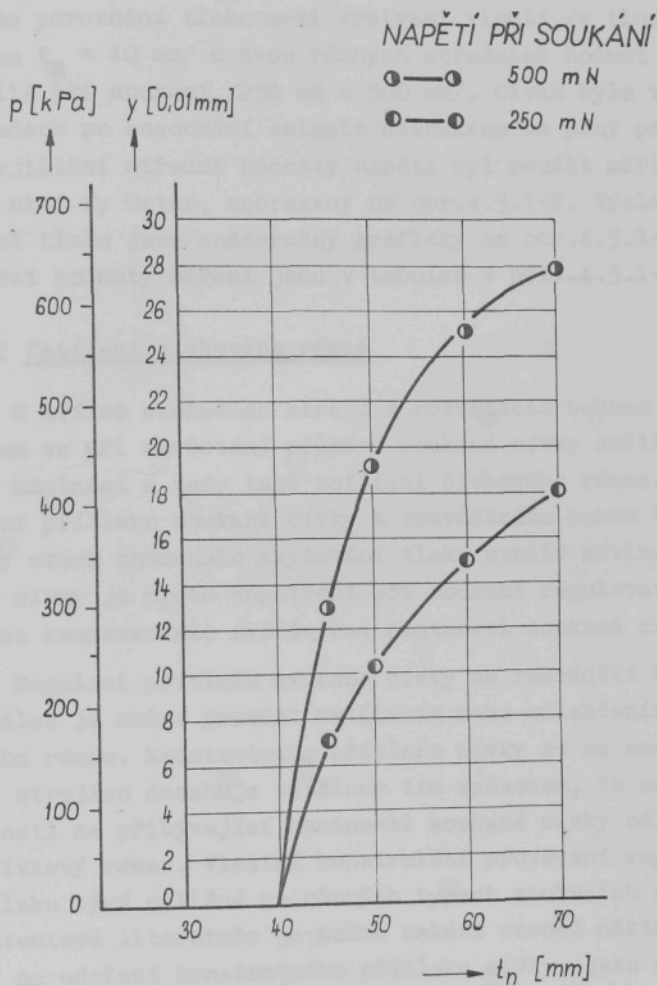
Napětí či tažná síla nitě při soukání je faktorem, který v podstatné míře ovlivňuje hodnoty tvrdosti, hustoty i tlaku v návinnu. Vyšší hodnota napětí nitě při soukání má za následek vyšší hodnoty těchto veličin.

Velikost napětí nitě je však při soukání ovlivněna některými dalšími vlivy, z nichž je např. možno jmenovat: změnu niťového balonu při odvíjení potáče, zatížení niťové brzdy, tření odvíjené nitě podél dutinky potáče, tření nitě o niťovou zarážku, o čistič nitě nebo o jiné vodicí orgány nitě.

Při odvíjení soukané nitě s potáče stoupá napětí nitě s ubývající náplní potáče. Tato změna v napětí nitě je způsobována přesunutím bodu odvíjení, k němuž dochází při odvíjení. Wegener odvodil, že velikost napětí nitě při jejím odvíjení přes čelo předlohové cívky vzrůstá přibližně se čtvercem rychlosti nitě /týká se střední hodnoty i všech výkyvů napětí/. Maximální napětí nitě při soukání pak bude nejméně stejné, jako napětí vznikající při odvíjení nitě z předlohové cívky /potáče/.

Všeobecná tendence zvyšování výrobní rychlosti, která zasahuje i do oblasti přípravy materiálu, má za následek, že stále více roste jak střední hodnota, tak i výkyvy napětí nitě při soukání. Aby se předešlo možným chybám ve tkaninách či pleteninách, je nutno buď udržovat napětí při soukání tak malé, aby jeho výkyvy /špičkové hodnoty/ nemohly vyvolat změny v niti, nebo je nutno zamezit kolísání napětí soukané nitě. Ve druhém případě je potom možné při soukání použít vyššího napětí, ale i tak není možné zvýšit napětí příliš, aby nevznikly příliš pevné náviny a z důvodu vyššího tlaku v těchto návinech pak nestejnoměrnosti v nitích.

Z výše uvedeného je zřejmé, že napětí nitě při soukání nemá konstantní hodnotu, i když některé příčiny vedoucí k rozdílu v napětí je možno zčásti kompenzovat /rušiče balonu, urychlovače nití/. Zabývat se blíže otázkou napětí při soukání není na tomto místě účelné, protože této otázce bylo věnováno již více výzkumných prací. K získání určitého přehledu by mohla posloužit i diplomová práce rešeršního typu [29], zpracovaná pod vedením autora této práce.



Obr.4.5.1-1 Vliv velikosti napětí při soukání na tlak
v návínu /snímač umístěn v $t_n=40$ mm/

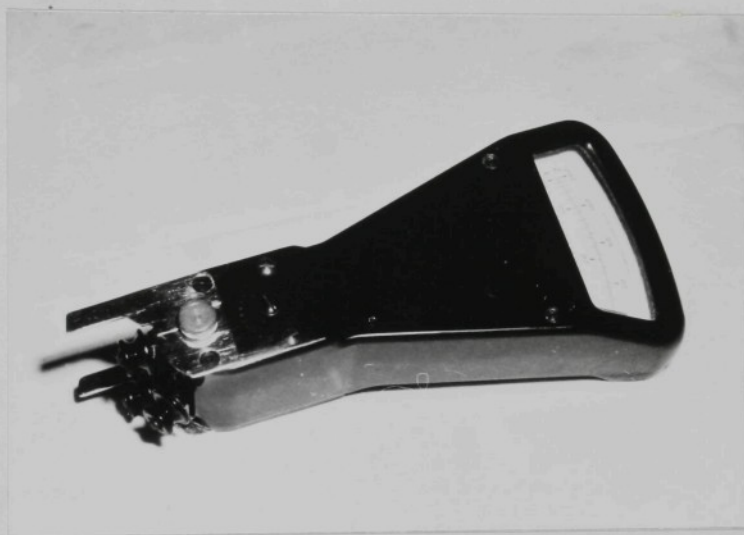
Při ověřovacích zkouškách v n.p. Textilana bylo provedeno porovnání tlaku mezi vrstvami vinutí /v tloušťce návinu $t_n = 40 \text{ mm}$ / u dvou různých středních hodnot napětí nitě při soukání /250 mN a 500 mN/. Cívka byla v obou případech po zasoukání snimače dosoukána na plný průměr. Pro zjištění střední hodnoty napětí byl použit měřič napětí nití fy Uster, zobrazený na obr.4.5.1-2. Výsledky měření tlaku jsou znázorněny graficky na obr.4.5.1-1, výchozí hodnoty měření jsou v tabulce v příl.4.5.1-I.

4.5.2 Zatížení cívkového rámce

U křížem soukacích strojů s rozváděcím bubnem nebo válcem se při narůstání průměru soukané cívky zvětšuje její hmotnost a tedy také zatížení cívkového rámce. Zvětšování přítlaku soukané cívky k rozváděcímu bubnu či válci by ovšem znamenalo zvyšování tlaku uvnitř návinu. Přítlak cívky je proto zapotřebí při soukání regulovat tak, aby se kompenzovalo zvětšování hmotnosti soukané cívky.

Regulaci přítlaku soukané cívky na rozváděcí buben či válec je možno provést zatížením nebo odlehčením cívkového rámce. Konstantního přítlaku cívky se na soukacích strojích dosahuje většinou tím způsobem, že se v závislosti na přibývajícím hmotnosti soukané cívky odlehčuje cívkový rámec. Vlastní konstrukční provedení regulace přítlaku bývá odlišné na různých typech soukacích strojů, v patentové literatuře je možno nalézt rovněž některé principy na udržení konstantního přítlaku cívky, jako např. [30,31,32].

Přítlak cívky spolu s napětím nitě při soukání představují dva nejdůležitější faktory, které v největší míře ovlivňují tlak v návinu. S rostoucím přítlakem cívky u soukacích strojů s nepřímým pohonem nebo s rostoucím přítlakem přitlačného válečku u přesných křížem soukacích strojů roste tlak uvnitř návinu. V souvislosti s ostatními podmínkami při soukání by bylo tudíž možno správnou volbou zatížení cívkového rámce ovlivňovat tlak mezi vrstvami vinutí i tlak na dutinku u soukaných cívek.



Obr.4.5.1-2 Měřič napětí nití fy Uster

4.5.3 Rychlost při soukání

V praxi se soukací rychlost obvykle ztotožňuje s obvodovou rychlostí cívky /u přímého pohonu/, resp. s obvodovou rychlostí rozváděcího bubnu či válce /u nepřímého pohonu/. Pod pojmem soukací rychlost je však nutno chápat rychlost nitě při soukání, která je podle teorie prof.ing. Pompeho [23] dána součtem rychlosti navíjecí a rychlosti přídavné. Skutečná rychlost /soukací/ nitě při soukání je však obtížněji zjistitelná, a proto bývá v praxi zvykem uvažovat obvodovou rychlost cívky či rotačního rozváděče jako rychlost při soukání.

Jak již bylo řečeno, stoupá napětí nitě přibližně se čtvercem rychlosti odvíjení nitě s potáče. Z toho je možno usoudit, že velikost rychlosti při soukání bude ovlivňovat napětí nitě a v důsledku toho i hodnotu sledovaného tlaku v návíně přímo úměrně. Ze vzájemné souvislosti rychlosti a napětí nitě při soukání je dále možno vyvodit, že rychlost bude možno při soukání zvyšovat jen do té míry, dokud napětí nitě nedosáhne svou horní přípustnou hranici /závislá na druhu, jemnosti a kvalitě soukaného materiálu/. Negativní vliv vyšších hodnot rychlosti na velikost napětí je na některých moderních soukacích strojích zmírněn tím, že se používají urychlovače odtahu.

U soukacích strojů s nepřímým /tangenciálním/ pohonem cívky je obvodová rychlost rozváděcího bubnu či válce konstantní. U přesných křížem soukacích strojů, pokud se neprovádí regulace otáček, se zvětšuje rychlost nití s rostoucím průměrem cívky. Regulací počtu otáček by však bylo možno rychlost při soukání udržet konstantní. Při konstrukci nových přesných křížem soukacích strojů se ve snaze o zvýšení rychlosti začíná uplatňovat tendence soukat při konstantních otáčkách tak dlouho, až napětí nitě stoupne na maximální přípustnou hodnotu a dále pomocí regulace otáček cívky soukat při konstantní rychlosti /soukat celý cyklus s konstantní rychlostí není možné, protože by na začátku byly příliš vysoké otáčky/.

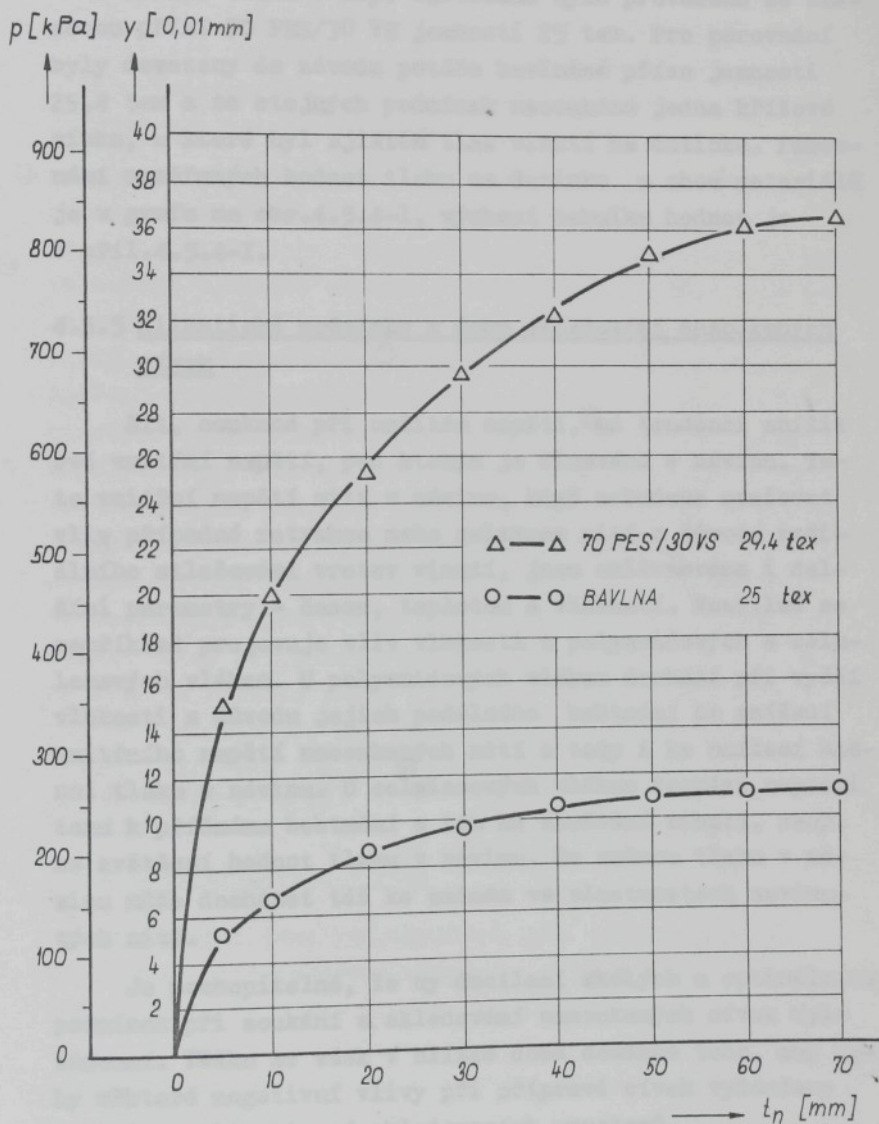
Zvyšování rychlosti soukání je však omezeno ještě dalším vlivem. Křížová cívka se stává při zvyšující se rychlosti užší, vzniká ztráta zdvihu. Kromě rychlosti při soukání ovlivňuje velikost ztráty zdvihu také průměr cívky a hustota návinnu. Pro kuželové křížové cívky s úkosem $0,07563 \text{ rad} / 4^{\circ}20'$ je ztráta zdvihu do 8 mm neškodná, kritický úsek leží mezi 8 a 11 mm a při větší ztrátě zdvihu než 11 mm je soukání nemožné [10].

Při ověřovacích zkouškách v n.p. Textilana bylo prováděno měření tlaku při konstantní obvodové rychlosti rozváděcího válce 13,33 m/s /800 m/min/, na kterou byl automatický soukací stroj Autosuk pro zpracovávané druhy materiálu nastaven. Z výše uvedeného komentáře k problematice rychlosti při soukání je možno předpokládat, že při použití vyšší rychlosti při soukání bude mít tlak v návinnu větší hodnotu.

4.5.4 Druh soukaného materiálu a jemnost nitě

Při sledování tlaku v návinech z různých materiálů, nasoukaných při stejných podmínkách, je možno zjistit značné rozdíly ve velikosti tlaku. Z výsledků měření Lünenschlosse [12] vyplývá, že není možno činit závěry, které by byly všeobecně platné pro všechny druhy vláken. Vezme-li se při porovnávání za základ tlak na dutinku, naměřený u návinnu z bavlněné příze, pak u návinnů z polyesterových nití je tlak na dutinku zhruba trojnásobný. Zvláště vysoké tlaky je možno zjistit při soukání polyamidových nití, kde by v porovnání dosáhl tlak na dutinku čtyř- až pětinasobku.

Vliv jemnosti soukané nitě na velikost tlaku v návinnu dosud zkoumán nebyl. Vzhledem k blízké souvislosti sledovaného tlaku s hustotou návinnu je možno s ohledem na vývo-
dy v kapitole 2.1.2 předpokládat, že se u návinnů z příze nižší jemnosti, nasoukaných s konstantním napětím příze, budou zjišťovat vyšší hodnoty tlaku, než při použití příze vyšší jemnosti.



Obr.4.5.4-1 Tlak na dutinku zjištěný u bavlněné příze
jemnosti 29,4 tex a směsové příze 70 PES/30 VS
jemnosti 25 tex

Měření tlaku v n.p. Textilana bylo prováděno se směsovou přízí 70 PES/30 VS jemnosti 25 tex. Pro porovnání byly dovezeny do závodu potáče bavlněné příze jemnosti 29,4 tex a za stejných podmínek nasoukána jedna křížová cívka, u které byl zjištěn tlak vinutí na dutinku. Porovnání naměřených hodnot tlaku na dutinku u obou materiálů je v grafu na obr.4.5.4-1, výchozí tabulka hodnot je v příl.4.5.4-I.

4.5.5 Klimatické podmínky a doba skladování nasoukaných cívek

Nit, soukaná při určitém napětí, má tendenci snížit své vnitřní napětí, pod kterým je fixována v návinu. Tato vnitřní napětí nití v návinu, když nebudeme uvažovat vliv případné retrakce nebo relaxace nití z důvodu radiálního stlačování vrstev vinutí, jsou ovlivňována i dalšími parametry - časem, teplotou a vlhkostí. Rozdílně se například projevuje vliv vlhkosti u polyamidových a celulozových vláken. U polyamidových vláken dochází při vyšší vlhkosti z důvodu jejich podélného bobtnání ke snížení vnitřního napětí nasoukaných nití a tedy i ke snížení hodnot tlaku v návinu. U celulozových vláken dochází naproti tomu k příčnému bobtnání a tím ke zhuštění vinutí, resp. ke zvětšení hodnot tlaku v návinu. Se změnou tlaku v návinu může docházet též ke změnám ve vlastnostech navinutých nití.

Je pochopitelné, že by docílení stálých a optimálních podmínek při soukání a skladování nasoukaných cívek bylo žádoucí. Těžko se však v blízké době dosáhne toho, aby byly některé negativní vlivy při přípravě cívek vyloučeny nákladnou klimatizací skladovacích prostorů.

Pro objektivní posouzení vlivu vlhkosti a teploty během vlastního soukání by bylo nutné umístit soukací jednotku do klimatizované komory, jejíž klima by se dalo měnit v širokých mezích. Proces soukání však většinou propíhá v klimatizovaných provozech při vlhkosti a teplotě vhodné

pro zpracování textilního materiálu a doba soukání je mnohem kratší, než doba skladování nasoukaných cívek před jejich dalším zpracováním. Z těchto důvodů se budou sledované parametry /čas, teplota, vlhkost/ jistě výrazněji projevovat při skladování nasoukaných cívek.

Jak bylo naznačeno, chování nitě v návínu je značně závislé na morfologické struktuře soukaného materiálu. Tak např. podle zjištění Lünenschlosse [12] způsobuje snížení relativní vlhkosti vzduchu /za základ porovnání byla brána relativní vlhkost 60% a teplota 293,15 K/ u polyamidu silný vzrůst tlaku na dutinku, kdežto u bavlny dochází ke snížení hodnoty tlaku. Při podstatnějším zvýšení relativní vlhkosti vzduchu pak naopak vlivem bobtnání dochází u polyamidu k silnějšímu poklesu tlaku, u bavlny k mírnějšímu vzestupu. Důležité je rovněž zjištění, že po několikanásobné změně relativní vlhkosti vzduchu během skladování nasoukaných cívek a novém nastavení původní vlhkosti se nedosahuje opět stejný stav tlaku v návínu. Doba skladování cívek při konstantní relativní vlhkosti má nepatrný vliv na hodnotu tlaku v návínu, výrazně se však projevuje v tom případě, kdy jsou cívky nasoukané např. při relativní vlhkosti 60% skladovány při relativní vlhkosti podstatně nižší či vyšší.

4.5.6 Úhel křížového vinutí

Úhel křížového vinutí udává, pod jakým vzájemným úhlem jsou nitě na cívce navíjeny. Vliv velikosti úhlu křížení nití na cívce na hodnotu tlaku v návínu nebyl dosud experimentálně sledován. Pro sledování změny úhlu křížového vinutí by bylo nutno provést zásah do konstrukčního provedení soukacího stroje.

Logicky je však možno předpokládat, že v místech vzájemného překřížení nití v návínu bude tlak vyšší. V důsledku toho se budou zjišťovat vyšší tlaky v návínech s menším úhlem křížového vinutí, t.zn. v návínech s vyšší hustotou.

4.6 STRUČNÉ ZHODNOCENÍ PROVOZNÍCH ZKOUŠEK NAVRŽENÉ METODY MĚŘENÍ TLAKU

Provozní zkoušky měření tlaku prokázaly, že pomocí navržené kapacitní metody měření je možno spolehlivě měřit jak tlak na dutinku, tak i tlak mezi vrstvami vinutí. Při dalších měřeních tlaku by bylo výhodné provést zasoukání snímačů do návínu přímo v provozu a vlastní měření, to znamená přesoukání měřené cívky a vyhodnocení tlaku, uskutečnit v laboratorních podmínkách.

V průběhu ověřování metody měření, bylo provedeno značné množství zkoušek, z nichž zkoušky v dílenských laboratorních KTP byly prováděny ve stadiu dopracování metody měření. Při provozních zkouškách v n.p. Textilana byly vyhodnoceny výsledky měření tlaku a proveden stručný rozbor tlaku na dutinku a tlaku mezi vrstvami vinutí. Byly tak získány informativní údaje o dosud neznámých hodnotách a rozložení tlaku v kuželových křížem soukaných cívkách.

Nastíněny byly i faktory, ovlivňující velikost tlaku v návínu. Pro podrobný a úplný rozbor tlaku v křížem soukaných cívkách bude nutno provést systematicky větší počet měření tlaku, při nichž se budou měnit podmínky při soukání a podmínky při skladování nasoukaných cívek, bude zapotřebí vysledovat i vliv druhu soukaného materiálu na velikost měřeného tlaku a některé další vlivy.

V práci uvedené naměřené hodnoty tlaku nebyly korigovány. Snímač sice poněkud narušuje stavbu vinutí v místě měřeného tlaku, děje se tak z důvodů dosažených malých rozměrů snímače však v daleko menší míře, než u měření provedených Wegenerem. Ke snížení vlivu přítomnosti snímače v návínu přispívá fakt, že je snímač během soukání tlakem nad ním ležících vrstev zamačknut do níže položených vrstev vinutí. Poddajnost nad sebou ležících vrstev vinutí však není stejná, v blízkosti tuhé dutinky dochází ke zhuštění vinutí, není také možné zamačknutí snímače a měří se vyšší hodnoty tlaku. Pokud by mělo dojít k ovlivnění skutečné hodnoty tlaku v místě měření vlivem přisoukání snímače tlaku, projevi-

lo by se to nejvýrazněji při měření tlaku na dutinku. Proto bude potřebné při dále prováděném výzkumu provést u měření tlaku na dutinku zapuštění snímače do vybrání v tělese dutinky a porovnáním se zjištěnou hodnotou tlaku na dutinku u měření s nezapuštěným snímačem tak experimentálně ověřit, zda nebo jak dalece ovlivňuje přítomnost snímače velikost měřeného tlaku.

Při provozních zkouškách v n.p. Textilana bylo u soukané směsové příze 70 PES/30 VS zjištěno, že tlak v návíně je největší v nejnižších položených vrstvách vinutí, v dalších vrstvách se velikost tlaku podle získaného grafického průběhu postupně snižuje až k nulové hodnotě na vnějším průměru návínu.

6. S O U H R N A Z Á V Ě R Y

- 1/ Metody posuzování kvality návinu podle jeho tvrdosti či hustoty neposkytují potřebné informace o skutečných poměrech uvnitř cívky. Pro přesnější popis stavu navinutého materiálu bude zapotřebí zjišťovat tlak, existující mezi vrstvami vinutí.
- 2/ Matematické vyjádření skutečného tlaku v návinu je složité a vyskytuje se u něho příliš mnoho faktorů nejistoty. Vzorce pro výpočet tlaku, odvozené různými autory, se značně odlišují a provést jejich posouzení bez experimentálního zjištění skutečných tlaků v návinu není dost dobře možné.
- 3/ Podle provedeného rozsáhlého literárního průzkumu ze zahraniční literatury bylo zjištěno, že jediná dosud vyvinutá metoda měření tlaku v cívkách od prof.Wegenera z NSR je založena na principu měřicí dutinky. Tato metoda je vhodná a poskytuje objektivní výsledky pouze při zjišťování tlaku na nosné těleso návinu /dutinku/, přičemž přesnost naměřených hodnot tlaku úzce závisí na přesnosti výroby poměrně složité speciální měřicí dutinky se zabudovanými tenzometrickými snímači tlaku.
- 4/ V souladu s vytyčeným cílem předložené kandidátské disertační práce byla navržena provozně i výrobně jednoduchá metoda měření tlaku, jež umožňuje měřit jak tlak návinu na dutinku cívky, tak i tlak mezi vrstvami vinutí.
- 5/ V průběhu řešení problematiky kandidátské práce byly v obecnější formě přihlášeny 2 vynálezy, jejichž využití bylo věnováno státu, a sice PV 2373-74 "Způsob a zařízení k měření neelektrických veličin" a PV 2374-74 "Zařízení ke zjišťování tlaku v navinutém nebo nabaleném materiálu.
- 6/ Zjišťování tlaku v křížem soukaných cívkách podle navržené metody měření je realizováno pomocí kapacitních snímačů tlaku, zasoukávaných do libovolně zvolených míst

v návinu. Měření je možno použít jak pro jednorázové určení hodnoty tlaku, tak pro sledování poklesu tlaku v měřeném místě při odvíjení měřené cívky. Pomocí navržené metody měření je možno sledovat vliv různých podmínek při soukání a skladování nasoukaných cívek na hodnoty tlaku v cívkách.

- 7/ Navržený způsob měření je použitelný bez větší přípravy přímo v provozu a navyžahuje speciální úpravu nosného tělesa návinu ani různé provedení snimače při měření tlaku na dutinku nebo mezi vrstvami vinutí. Protože se měření tlaku provádí při odvíjení cívky, je možno s výhodou provést měření tak, že se snimače zasoukají do cívek v provozu a vlastní měření a cejchování se provede v laboratorních podmínkách.
- 8/ Při realizaci měření tlaku v křížem soukaných cívkách byly navrženy, vyrobeny a odzkoušeny snimač, koaxiální kabel snimače, paměťové zařízení a cejchovací zařízení. Provozní zkoušky byly prováděny v dílenských laboratorích katedry tkalcovství a pletářství VŠST a v n.p. Textilana Liberec, závod Chrastava.
- 9/ Kapacitní snimač tlaku byl proveden jako diferenciální deskový kondenzátor malých rozměrů. Pro připojení snimače k paměťovému zařízení byl použit speciální tenkostěnný koaxiální kabel, dovezený z NDR.
- 10/ Paměťové zařízení umožňuje vyloučit vliv případné dlouhodobé nestability měřicího přístroje či zachytit různý počet naměřených hodnot a následně podle potřeby tyto hodnoty na měřicím přístroji vyvolávat. U paměťového zařízení, navrženého pro měření tlaku v křížem soukaných cívkách, tvořily elektrický ekvivalent snimače dva paralelně zapojené nastavitelné kondenzátory.
- 11/ Jako měřicí přístroj byl při měření použit "Tlakový indikátor Tesla BM 398". Při měření byla vypnuta časová základna osciloskopu a měření i cejchování se snímalo

jako řada bodů, různě vertikálně umístěných vzhledem k registračnímu rastru obrazovky.

- 12/ Při cejchování byl snimač stlačován mezi dvěma čelistmi zkonstruovaného cejchovacího zařízení, jehož základ tvořil třmenový siloměr s rozsahem 0 - 1 kN. Tento třmenový siloměr byl vyroben ve Vývojových dílnách VŠST a cejchován Úřadem pro míry a váhy v Praze.
- 13/ Působení tlaku nad sebou ležících vrstev vinutí se nešíří ve stejném poměru až na dutinku. V blízkosti dutinky nacházející se vrstvy vinutí vyvíjejí vysoký tlak na dutinku a čím dále leží jednotlivé vrstvy vinutí od dutinky, tím víc se zmenšuje jejich vliv a tedy jejich tlakové působení na dutinku.
- 14/ Tlak vnějších vrstev vinutí je určitou měrou zachycován mezi vrstvami vinutí a od určité mezní velikost průměru návinnu nemají již dále navíjené vrstvy vliv na hodnotu tlaku na dutinku. Hodnota tohoto mezního průměru závisí na podmínkách při soukání a na druhu soukaného materiálu.
- 15/ Při sledování rozložení hodnot tlaku v plně nasoukané cívce bylo zjištěno, že v blízkosti dutinky je s přibývajícím průměrem návinnu pokles tlaku značný, dále má křivka poklesu tlaku ve větším rozsahu průměrů návinnu méně strmý průběh a na vnějším průměru návinnu /cívky/ klesá tlak na nulovou hodnotu.
- 16/ Na hodnoty tlaku v cívce má vliv rozdělení poddajnosti nad sebou ležících vrstev vinutí, přičemž hranice poddajnosti je dána tuhou dutinkou, kde má tlak hodnotu nejvyšší.
- 17/ Stručným způsobem byl nastíněn vliv některých faktorů na velikost tlaku v soukaných cívkách. Mezi tyto faktory je možno zařadit napětí a rychlost nitě při soukání,

zatížení cívkového rámce, druh a jemnost soukaného materiálu, klimatické podmínky při skladování nasoukaných cívek, úhel křížového vinutí atp.

- 18/ S provedením některých dalších provozních měření tlaku v křížem soukaných cívkách se uvažuje v rámci části fakultního úkolu LFT-246 "Uplatnění pokrokových metod ve tkalcovské technologii".
- 19/ Při znalostech tlakových poměrů v cívkách bude možno volit podmínky při soukání a při skladování nasoukaných cívek tak, aby se předcházelo deformacím dutinek, deformacím návínu v axiálním i radiálním směru, potíží při odvíjení, nestejnoměrnostem ve vybarvení návínů a případně i změnám ve vlastnostech navinutých nití, jež jsou způsobeny tlakem v návínu.

6. POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA

- [1] Rezoluce XIV. sjezdu Komunistické strany Československa
- [2] Wegener W.:
Die Verformung des Garnkörpers in Abhängigkeit von
den Spulbedingungen
1969, Zeitschrift ges. Textilind., č.6, s.389
1972, Zeitschrift ges. Textilind., č.6, s.337
- [3] Liute :
Studium struktury cívek na základě koeficientu
zaplnění
1969, Industria Textila, č.7, s.484
- [4] Liute D.:
Cu privire la densitatea infasurarii de precizie
1971, Industria Textila, č.1, s.34
- [5] Liute D.:
Calculul si analiza unor elemente ale structurii
de infasurare pe canete
1971, Industria Textila, č.4, s.213
- [6] Liute D.:
Contributii la analiza structurii bobinelor
cu infasurare in ceuce
1971, Industria Textila, č.7, s.405
- [7] Stefanescu I.C., Liute D.:
Caracteristici ale structurii infasurarii de precizie
po bobine destinate vopsirii
1971, Industria Textila, č.12, s.757
- [8] Zajcev :
Ob objemnoj plotnosti namotki prjaži na snovaľnyj
valik ili navoj
1968, Izv. vysš. učeb. zaved., č.6, s.79
- [9] Wegener W.; Schubert G.:
Die Spulendichte, die Spulenhärte und der auf
die Hülse ausgeübte Druck in Abhängigkeit von
den Spulbedingungen
1969, Zeitschrift ges. Textilind., č.7, s.456
- [10] Klössges H.:
Die Kreuzspulerei-technisch physikalische
Grundlagen - Grenzen
1965, Melliand Textilberichte, č.7, s.700

- [11] Roup :
Přehled vývoje použití syntetických vláken
z hlediska zušlechťování
1971, Výzkumná zpráva VÚZ, Dvůr Králové
- [12] Lünenschloss J., Janitzka J.:
Einfluss des Spulens auf die Garneigenschaften
1971, Textil Praxis, č.2, s.84
č.3, s.157
č.4, s.226
č.5, s.289
č.6, s.341
- [13] Suchánková B.:
Vlivy na probarvitelnost křížem soukaných cívek
1973, diplomová práce VŠST
- [14] Brenner E.:
Barvení příze v měkkých návinech
1974, Textilveredlung, č.4, s.158
- [15] Ruta P.:
Vliv napětí příze na tvrdost návínu přízového tělesa
1971, diplomová práce VŠST
- [16] Wegener W., Schubert G.:
Die Spulenhärte in Abhängigkeit von den Prüf-
und Spulbedingungen
1969, Forschungsber. des Landes Nordrhein-Westfalen,
Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen
- [17] Wegener W.:
Die Ermittlung der Druckverteilung in Garnkörpern
1968, Textil Praxis, č.4, s.226
č.5, s.297
č.6, s.366
- [18] Stěpanov V. - Savvin A.P.:
K rasčotu davlenija nitěj za osnovanije pakovki
1971, Izv. vysš. učeb. zaved., č.3, s.74
- [19] Liute D.:
Consideratii teoretice asupra presiunii pe bobine
cu infasurare in cruce neuniforma
1972, Industria Textila, č.3, s.153
- [20] Liute D.:
Consideratii teoretice asupra presiunii straturilor
pe bobine cu infasurare de precizie
1973, Industria Textila, č.1, s.29
- [21] Ivanov S.N.:
O normalnom davleniji vitkov prjaži na bobině
s mašiny PK-100
1972, Textilnaja prom., č.8, s.34

- [22] Boguslawski J.:
Stan naprezenije w cewce wywolany napieciem przedzy
w nawoju
1970, Prace Instytutu Włokien, rocz.XX, s.147
- [23] Pompe F.:
Teorie soukání
1958, nakladatelství Československé akademie věd .
- [24] Wegener W., Beschlenberg H.:
Die Druckverteilung in Streckzwirn-Spulen
1969, Textil Praxis, č.4, s.226 č.7, s.448
 č.5, s.301 č.8, s.521
 č.6, s.369 č.9, s.584
- [25] Stěpanov V., Savvin A.P.:
Experimentalnoje opredělenije davlenija nitěj
na osnovanije pekovki
1970, Izv. vyšš. učeb. zaved., č.4, s.66
- [26] Forejt :
Kapacitní měřiče neelektrických veličin
1963, SNTL Praha
- [27] Sýkora V., Pobřísl J.:
Zařízení ke zjišťování tlaku v navinutém nebo
nabaleném materiálu
PV 2374-74
- [28] Sýkora V., Pobřísl J.:
Způsob a zařízení k měření neelektrických veličin
PV 2373-74
- [29] Kurka V.:
Poměry při stahování nití z předlohových těles
1973, diplomová práce VŠST
- [30] Mašek S.:
Odklopný držák navíjených cívek textilních strojů
1968, Textil, č.1, s.20 /Čs.patent č. 121 319/
- [31] Zařízení pro nastavení konstantního přítlaku a vyvážení
cívky u soukacích, navíjecích a podobných strojů
1970, Textil, č.8, s.283
- [32] Zařízení pro regulaci přítlaku cívky na křížem
soukacím stroji
1972, Textil, č.3, s.98
- [33] Nobuo D.:
Mathematical Approach for the Yarn Pressure in Bobbin
Winding
1966, Text. Res. Journ., č.36, s.88

D o s l o v a u t o r a

Předložená kandidátská práce řeší návrh metody experimentálního zjišťování tlaku v křížem soukaných cívkách. Vzhledem k tomu, že se jedná o práci svým zaměřením ojedinělou, může navržená metoda měření přispět k objektivnímu poznání tlakových poměrů v cívkách a experimentální výsledky měření tlaku se pak mohou stát podklady pro některá opatření, jež by vedla ke zlepšení kvality soukaných cívek. Pokud bude navržená metoda měření tlaku v cívkách přijata kladně textilní veřejností, budu to považovat za svoji osobní čest a zároveň za svůj příspěvek k připravovanému XV. sjezdu Komunistické strany Československa.

Práce byla vypracována na katedře tkalcovství a pletářství Vysoké školy strojní a textilní v Liberci ve formě samostatné vědecké přípravy. Chtěl bych na tomto místě vyjádřit svůj dík vedení vysoké školy a vedení textilní fakulty za to, že mi byla poskytnuta možnost tuto práci vytvořit.

Jmenovitě mé poděkování patří především soudruhům Prof.Ing.Františku Pompemu, Prof.Ing.dr.techn.RNDr.Jovanu Čirličovi DrSc. členu korespondentu Československé akademie věd, Prof.Ing.Jaroslavu Simonovi a Doc.Ing.Jaroslavu Charvátovi CSc., kteří mi byli vždy ochotně nápomocni svými zkušenostmi a odbornými radami, ať již při řešení této práce, či při skládání kandidátských zkoušek.

Děkuji dále soudruhu Jiřímu Pobřislovi za poskytnuté konzultace při řešení obtížnějších partií z oboru elektrotechniky, soudruhu Jaroslavu Jandovi za provedené řemeslné práce i všem ostatním, kteří mi byli jakýmkoliv způsobem v mé práci nápomocni.

Sýkora

Ing.Vladimír Sýkora

7. PŘÍLOHY

TRMENOVÝ SILOMĚR

MĚŘICÍ ROZSAH 0 - 0,1 MP (PRO TAH A TLAK)

ČÍSELNÍKOVÝ ÚCHYLKOMĚR : SONEI

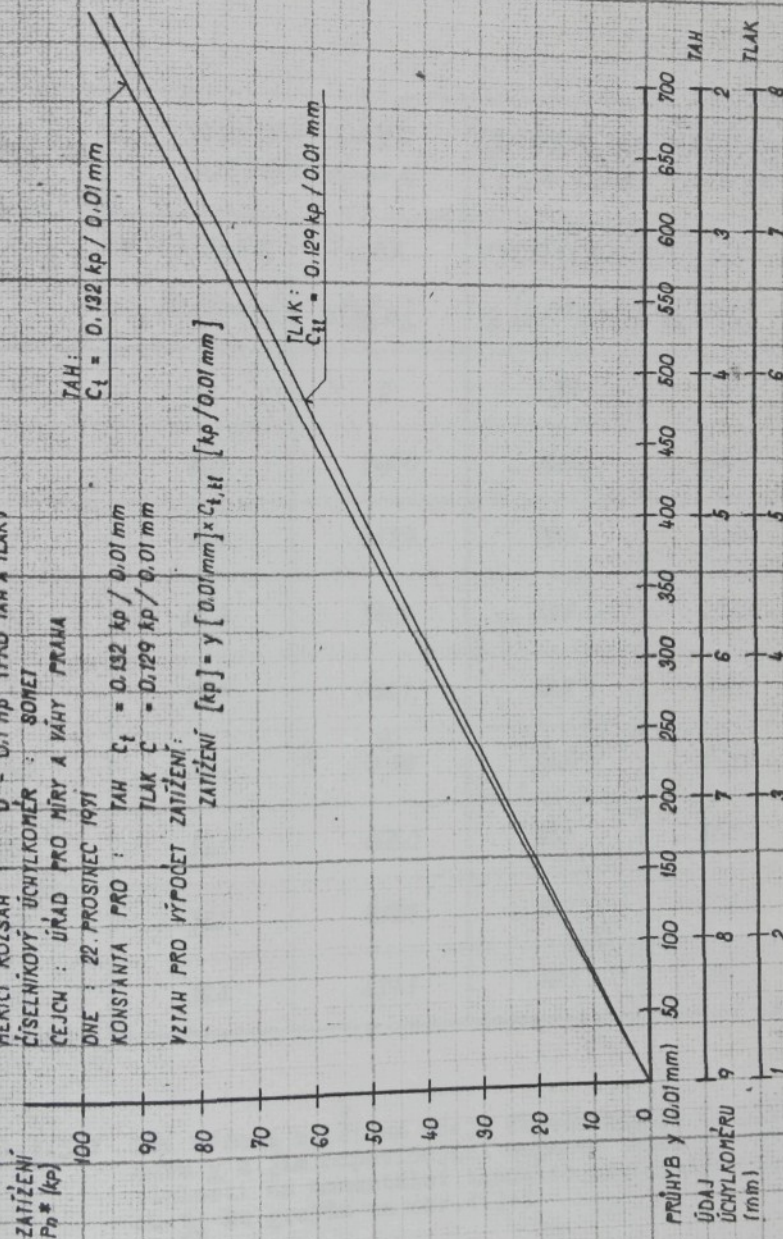
CEJCH : ÚŘAD PRO MÍRY A VÁHY PRAHA

DNE : 22. PROSINEC 1971

KONSTANTA PRO :

TAH $C_t = 0.132 \text{ kp} / 0.01 \text{ mm}$ TLAK $C_H = 0.129 \text{ kp} / 0.01 \text{ mm}$

VZTAH PRO VÝPOČET ZATÍŽENÍ:

ZATÍŽENÍ $[kp] = y [0.01 \text{ mm}] \times C_{t,H} [kp / 0.01 \text{ mm}]$ 

Příl. 3.2.2.2.6-I Cejch trmenového siloměru provedený úřadem pro míry a váhy v Praze

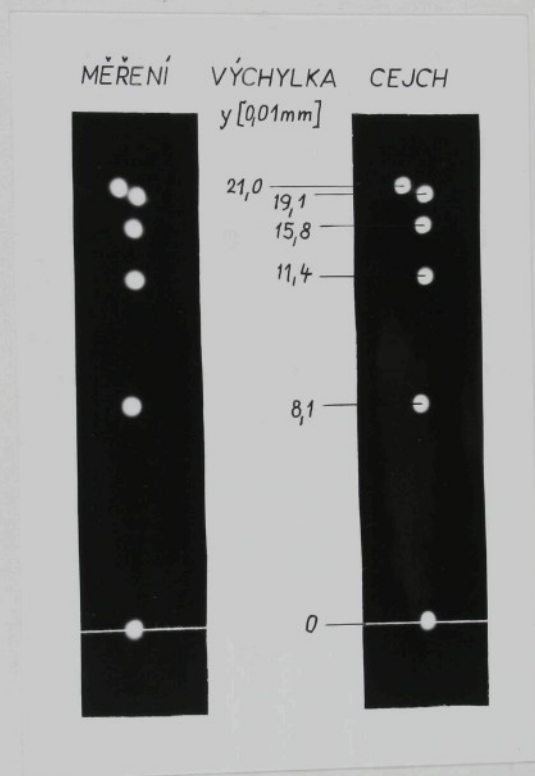
TLOUŠŤKA NÁVINU t_n [mm]	STŘEDNÍ ČÁST DUTINKY $\Delta—\Delta$		DUTINKA, U MALÉHO ČELA CÍVKY $\nabla—\nabla$	
	VÝCHYLKA y [0,01mm]	TLAK p [kPa]	VÝCHYLKA y [0,01mm]	TLAK p [kPa]
0	0	0	0	0
5	15,0	345,0	16,9	388,7
10	19,9	457,7	22,0	506,0
20	25,3	581,9	28,5	655,5
30	29,7	683,1	32,7	752,1
40	32,2	740,6	36,0	828,0
50	35,0	805,0	37,1	853,3
60	36,1	830,3	38,2	878,6
70	36,5	839,5	38,7	890,1

Příl.4.3-I Při měření zjištěné údaje číselníkového úchylko-
měru y a jim odpovídající hodnoty tlaku p v zá-
vislosti na momentální tloušťce odvíjeného návi-
nu t_n ke grafům na obr.4.3-1

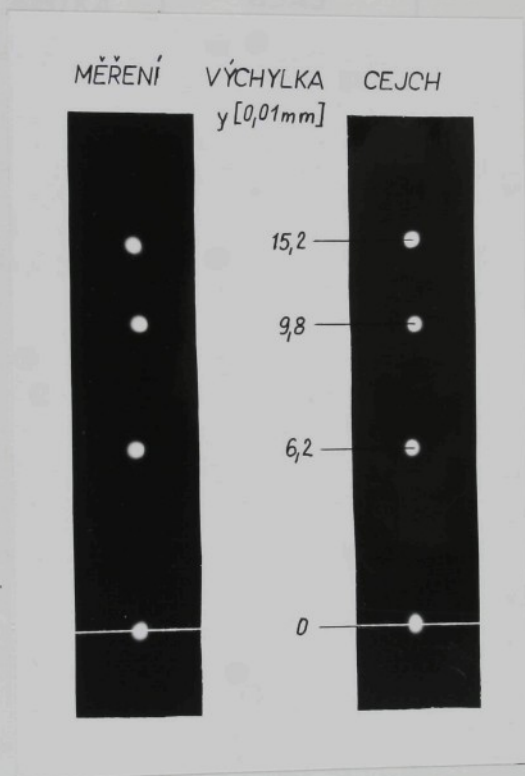
TLOUŠŤKA NÁVINU t_n [mm]	ÚDAJ ČÍSELNÍKOVÉHO ÚCHYLKOMĚRU γ [0,01mm]						
	$\Delta - \Delta$	$\circ - \circ$	$\square - \square$	$\nabla - \nabla$	$\bullet - \bullet$	$\diamond - \diamond$	$\ominus - \ominus$
0	0	—	—	—	—	—	—
5	15,0	—	—	—	—	—	—
10	19,9	0	—	—	—	—	—
15	—	9,0	—	—	—	—	—
20	25,3	13,6	0	—	—	—	—
25	—	—	8,9	—	—	—	—
30	29,7	18,0	11,6	0	—	—	—
35	—	—	—	8,1	—	—	—
40	32,2	20,8	16,0	11,4	0	—	—
45	—	—	—	—	7,0	—	—
50	35,0	23,0	19,1	15,8	10,3	0	—
55	—	—	—	—	—	6,2	—
60	36,1	24,5	21,0	19,1	14,9	9,8	0
65	—	—	—	—	—	—	7,0
70	36,5	25,4	22,8	21,0	18,0	15,2	12,0

TLAK $p = 23,7$ [kPa]

Příl.4.4-Ia Tabulka naměřených hodnot /údajů číselníkového
úchylkoměru/ ke grafickým průběhům na obr.4.4-1



Přil.4.4-Ib Fotografický záznam hodnot měření a cejchování
ke grafu na obr.4.4-1 / $t_n = 30 \text{ mm}$ /



Příl.4.4-Ic Fotografický záznam hodnot měření a cejchování
ke grafu na obr.4.4-1 / $t_n=50\text{ mm}$ /

TLOUŠŤKA NÁVINU t_n [mm]	ÚDAJ ČÍSELNÍKOVÉHO ÚCHYLKOMĚRU γ [0,01mm]	TLAK p [kPa]
0	36,5	839,5
10	25,4	584,2
20	22,8	524,4
30	21,0	483,0
40	18,0	414,0
50	15,2	349,6
60	12,0	276,0
70	0	0

Příl.4.4-II Tabulka naměřených hodnot ke grafu na
obr.4.4-2

TLOUŠTKA NÁVINU t_n [mm]	NAPĚTÍ PŘI SOUKÁNÍ ● — ● 500 mN		NAPĚTÍ PŘI SOUKÁNÍ ● — ● 250 mN	
	VÝCHYLKA y [0,01mm]	TLAK p [kPa]	VÝCHYLKA y [0,01mm]	TLAK p [kPa]
40	0	0	0	0
45	12,9	296,7	7,0	161,0
50	19,2	441,6	10,3	236,9
60	25,0	575,0	14,9	342,7
70	27,8	639,4	18,0	414,0

Příl.4.5.1-I Tabulka naměřených hodnot ke grafům na
obr.4.5.1-1

5

TLOUŠŤKA NÁVINU t_n [mm]	70 PES/30VS 25 tex Δ ————— Δ		BAVLNA 29,4 tex $\circ$ ————— $\circ$	
	VÝCHYLKA y [0,01mm]	TLAK p [kPa]	VÝCHYLKA y [0,01mm]	TLAK p [kPa]
0	0	0	0	0
5	15,0	345,0	5,1	117,3
10	19,9	457,7	6,5	149,5
20	25,3	581,9	8,8	202,4
30	29,7	683,1	9,5	218,5
40	32,2	740,6	10,6	243,8
50	35,0	805,0	11,0	253,0
60	36,1	830,3	11,0	253,0
70	36,5	839,5	11,2	257,6

Příl.4.5.4-1 Tabulka naměřených hodnot ke grafům na
obr.4.5.4-1