

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
NOSITELKA ŘÁDU PRÁCE
FAKULTA TEXTILNÍ

Obor: 31-12-8 technologie textilu a oděvnictví
zaměření oděvnictví

Katedra oděvnictví 169

Název tématu: VLIV VNĚJŠÍCH PODMÍNEK NA UZ SPOJOVACÍ
PROCESY ODĚVNÍCH MATERIÁLŮ

Jméno a příjmení: Miroslava Z A D R A Ž I L O V Á

Vedoucí práce: RNDr. Lubomír Sodomka, CSc.

Rozsah práce:

Počet stran:	76
Počet tabulek:	10
Počet obrázků:	44
Počet příloh:	12

Datum odevzdání: 25.5.1984

Vysoká škola: Strojní a textilní Fakulta: textilní
Katedra: oděvnictví Školní rok: 1983/84

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro Miroslavu Z a d r a ž i l o v o u
obor 31 - 12 - 8 Technologie textilu a oděvnictví
zaměření oděvnictví

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

Název tématu: Vliv vnějších podmínek na UZ spojovací
procesy oděvních materiálů

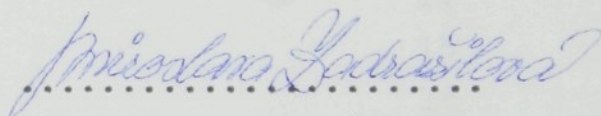
Zásady pro vypracování:

- 1) Shrňte poznatky o podmínkách, ovlivňujících UZ spojovací procesy oděvních materiálů.
- 2) Sledujte vliv amplitudy a frekvence na UZ pojení oděvních textilií a ověřte mechanické vlastnosti spojů.
- 3) Sledujte vliv přitlaku a teploty na UZ pojení oděvních textilií a ověřte mechanické vlastnosti spojů.
- 4) Výsledky aplikujte pro praktické použití.
- 5) Jako suroviny použijte vlákenného rouna POP, popřípadě směsové: viskoza (bavlna) se syntetickými vlákny a pleteniny nebo tkaniny z PADu, POPu nebo PESu.

Autorské právo se řídí směrnici
MŠK pro státní záv. zkoušky, č. j. 31
727/62-III/2 ze dne 13. července
1962-Věstník MŠK XVIII, sešit 24 ze
dne 31. 8. 1962 § 19 out. z. č. 115/53 Sb.

V 231/84T
VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 8
PSČ 461 17

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



Miroslava Zadražilová

V Liberci dne 25. 5. 1984

O B S A H

1.	VŠEOBECNÁ ČÁST	
1.1.	Úvodní list	1
1.2.	Zadání	2
1.3.	Místopřísežné prohlášení	3
1.4.	Obsah	4
1.5.	Seznam použitých zkratk	6
2.	ÚVOD	7
2.1.	Cíl práce a její opodstatnění	9
3.	TEORETICKÁ ČÁST	11
3.1.	Základní poznatky o ultrazvukovém spojování	11
3.2.	Hlavní faktory ultrazvukového spojovacího procesu	14
3.2.1.	Uvolněná energie během ultrazvukového svařování	14
3.2.2.	Přítlačná síla	15
3.2.3.	Čas svařování	16
3.2.4.	Amplituda ultrazvukového kmitání	17
3.2.5.	Pracovní frekvence	18
3.2.6.	Vzdálenost sonotrod čili mezera	18
3.2.7.	Výsledná tloušťka spoje	20
3.2.8.	Čas ustálení	20
3.2.9.	Tvar reliéfu stopy a její rozměry	20
3.2.10.	Vliv sonotrody a opory	21
3.3.	Materiály určené pro svařování	22
3.4.	Dělení ultrazvukového svařování	24
3.4.1.	Kontinuální - švové - svařování	25
3.4.2.	Bodové svařování	26
3.4.3.	Diskontinuální svařování	27
3.5.	Využití ultrazvukového svařování v tex- tilních technologiích	27
3.5.1.	Přístroj na vibrační svařování tex- tilních materiálů	27
3.5.2.	Zařízení na výrobu objemované textilie	29
3.5.3.	Ultrazvukové spojování netkané textilie	30

3.5.4.	Metoda spojování vrstevných textilií	31
4.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	33
4.1.	Použitá zařízení	34
4.1.1.	Popis ultrazvukové svářečky UZB - 600 T	34
4.1.1.1.	Stůl svářečky	34
4.1.1.2.	Nosný sloup k upínacím a zdvihadlům mechanismům	34
4.1.1.3.	Hlava svářečky	35
4.1.1.4.	Ovládací skříň	35
4.1.1.5.	Spouštěcí šlapka	35
4.1.1.6.	Svářecí nástroje	35
4.1.1.7.	Technické údaje	36
4.1.1.8.	Cyklus pracovní činnosti	36
4.1.2.	Tkaninový dynamometr FMG _v 250	37
4.2.	Rozvržení experimentu a metodika měření	37
4.3.	Výběr materiálu pro svařování	38
4.4.	Příprava vzorků	42
4.5.	Stanovení optimálních technologických podmínek svařování	43
4.6.	Mechanické zkoušky	45
4.6.1.	Porušování spojů	46
4.6.2.	Vyhodnocení mechanických zkoušek	46
4.6.3.	Rozbor diagramu	49
4.7.	Zjištění vlivu přítlaku, teploty, amplitudy a frekvence ultrazvukových vibrací na pevnost svaru	57
4.7.1.	Přítlak	57
4.7.1.1.	Příprava vzorků	57
4.7.1.2.	Průběh experimentu	58
4.7.1.3.	Vyhodnocení grafických závislostí	59
4.7.2.	Teplota	64
4.7.2.1.	Použitý měřicí přístroj	64
4.7.2.2.	Průběh měření a vyhodnocení	65
4.7.3.	Amplituda a frekvence	66
4.7.3.1.	Použitý měřicí přístroj	66
4.7.3.2.	Průběh měření a vyhodnocení	67
5.	APLIKACE	71
5.1.	Praktické využití	71
5.2.	Ekonomické zhodnocení	73
6.	ZÁVĚR	75
	Seznam použité literatury	76

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

PVC	- polyvinilchlorid
PAD	- polyamid
POP	- polypropylén
T_m	- teplota měknutí
T_t	- teplota tání
T_R	- teplota rozkladu
č.	- číslo
obr.	- obrázek
tab.	- tabulka
A	- amplituda
f	- frekvence
t	- čistý pracovní čas chodu svářečky
F	- síla
VTK	- vrstevný textilní kompozit
T	- transversální směr rouna
L	- longitudální směr rouna
Pe	- pevnost v tahu
Pe _{SV}	- pevnost v tahu u svaru
x	- přítlak vyjádřený polohou mikrometrického šroubu
Ř	- řádek
S	- sloupek
O	- osnova
Ú	- útek
Fe	- železo
Ko	- konstantan
sec	- sekunda
λ	- vlnová délka
PAN	- polyakrilonitril
AC	- acetát
PES	- polyester
POE	- polyetylen
aritm.prům.	- aritmetický průměr
p	- tlak

2. ÚVOD

Jakmile lidé ve snaze obléci se, se pokusili spojovat kůže, posléze látky, jakmile se naučili tkát a plést, stalo se šití hlavním prostředkem spojování oděvních dílů.

Stejně jako většina činností se šití zdokonalovalo v závislosti na stupni lidských vědomostí, jež umožňovaly, vylepšovat nástroje: trny a kosti byly nahrazeny bronzem, bronzové předměty železnými a železo pak vystřídáno ocelí. Na druhé straně se šití také zmechanizovalo a z primitivních šicích zařízení se vyvinuly stroje v takové podobě, jakou dnes poznáme.

Dovedeny takřka k dokonalosti, zdá se, že dnes zařízení v technologii spojování oděvních dílů dosáhly maxima, zejména pokud jde o jejich rychlost. Neznamená to ale, že by se nemohl zvýšit počet otáček jejich mechanismů - to si ale vyžaduje i dražší konstrukci. A mimo to není možné snižovat čas lidské reakce pod už dosáhnutý limit. To přinutilo výrobu automatizovat spojovací proces, který se v podstatě vždy omezuje na šití - to jest na pronikání nitě plošnou textilií. Ačkoliv se kvalita této technologie pozoruhodně zvýšila, zůstává stále ještě řada těžkostí a komplikací.

V různých průmyslových odvětvích se v posledních letech v souvislosti s nedostatkem přírodních surovin rozšířilo používání tkanin a pletenin obsahujících chemická vlákna. Tento trend je plně v souladu s hlavními směry hospodářského a sociálního rozvoje Československé socialistické republiky na léta 1981 - 1985, přednesené na XV. sjezdu KSČ, kde soudruh Lubomír Štrougal konkrétně ve své zprávě říká: "Především musíme při změnách struktury naší ekonomiky důsledně respektovat objektivní tendence technického pokroku. Konkrétně to znamená postupně urychlovat rozvoj odvětví, oborů a výrobků

méně náročných na surovinové a energetické zdroje, ale o to náročnějších na vklad vysoce kvalifikované vědecké a tvůrčí práce."

Syntetické materiály jako takové jsou schopny plnohodnotně nahradit na světových trzích přeceňovaný přírodní materiál, při čemž jeho použití je mnohostranné. Lze jich využít na zhotovování výrobků pro technické účely, stejně jako pro předměty denní spotřeby, například různé obleky, filtry, plachtoviny, lodní plachty, dopravní pásy, stany, rybářské sítě, požární hadice a podobně. Třebaže tyto materiály splňují kritérium nízké surovinové náročnosti, mají některé negativní vlastnosti, jež mají za následek značně ztížené použití klasického spojovacího procesu. Navíc zde přistupuje ještě moment hledání možnosti úspory vynaložené energie. Proto v posledních letech se začínaly objevovat beznitřové nekonvenční způsoby spojování textilních materiálů.

Touto problematikou se nejprve zabývala příslušná oddělení výzkumných ústavů. Soudruh Gustáv Husák však svými slovy vyjadřuje důvěru mladým lidem: "Na pozitivních výsledcích hospodářství vědy i kultury se významným způsobem podílejí mladí lidé. V mnoha oblastech jsou v popředí při prosazování nových, pokrokových metod práce. Budeme pečovat o to, aby rostla účast mladých lidí na spoluvytváření naší další cesty, na realizaci i kontrole velikých úkolů výstavby rozvinuté socialistické společnosti. Strana věří v sílu i schopnosti mladé generace a bude dbát, aby mladým lidem byly svěřovány odpovědné úkoly." V důsledku toho převzaly přednesený úkol také vysoké školy a je mu věnována i tato diplomová práce.

2.1. Opodstatnění práce - její cíl

Jak již bylo naznačeno v předcházejícím úvodě, v lehkém průmyslu nacházejí stále větší uplatnění tkaniny a pleteniny obsahující chemická vlákna.

Textilní materiály je možné vyrábět jak ze 100%ních syntetických vláken, tak i ze směsí bavlny, vlny i jiných druhů vláken. Tyto materiály mají vysokou odolnost vůči opotřebení, jsou tvarově stálé, pevné, pružné, s vysokou stálostí v oděru, dále jsou odolné vůči vlivu vysokých teplot, světla, okysličovačel a kyselin, lehce se perou a celkově snadno udržují. Mají zvýšenou klouzavost a jsou navíc termoplastické. Termoplasticita však značně ovlivňuje kvalitu šitých výrobků - například při šití tkanin s velkou pružností se nutně vytváří povrchové vrásky a zvlnění, v důsledku čehož se vnější vzhled výrobku zhoršuje. Při velkých rychlostech šití pak - následkem značného ohřevu jehly - často dochází k přetrhu nitě. Vzhledem na nedostatek syntetických nití se tkaniny často sešívají bavlněnými nitěmi, čímž se značně snižuje pevnost a zhoršují se užitkové vlastnosti spojů. Navíc při spojování více technických tkanin impregnovaných různými prostředky, aby tak získaly speciální vlastnosti, jakož i při zhotovování výrobků, které vyžadují hermetický spoj - například při výrobě filtrů pro tekutá a plynná média - se způsob sešívání nitěmi stává absolutně nepřijatelným.

Vzhledem na uvedené nedostatky niťových spojů se stále více uplatňují bezniťové způsoby spojování textilních materiálů, jako jsou termokontaktní, vysokofrekvenční a ultrazvukový způsob.

Termokontaktní způsob se používá při spojování materiálů s filmovým povlakem. Vzhledem na nízkou kvalitu spojených švů se tento způsob nepoužívá pro spojování syntetických materiálů.

Vysokofrekvenční metodou se mohou spojovat pouze ty syntetické materiály, které mají poměrně vysoké dielektrické ztráty.

Ultrazvukový způsob spojování syntetických materiálů se používá pro všechny termoplastické hmoty. Proto je také nejuniversálnější způsobem. Z toho důvodu také tato práce se věnuje problematice nekonvenčního - tedy ultrazvukového - spojování oděvních dílů a sledování vlivu amplitudy, frekvence, přítlaku a teploty na kvalitu vzniklého spoje.

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1. Základní poznatky o ultrazvukovém spojování

Zvuk je uspořádaný, periodický, kmitavý pohyb částíček látky - molekul. Energie kmitajících částic může přecházet na okolní částice a způsobovat tak jejich kmitání. Pohyb, který takto vzniká, nazýváme vlněním. Okamžitý pohybový stav vlnění, vyznačený výchylkou a rychlostí, se nazývá fáze. Nejmenší vzdálenost mezi kmitajícími body ve stejné fázi je délka vlny - λ . Kmitočet - frekvence - f je počet kmitů - cyklů - za sekundu. Základní jednotkou v akustice je cyklus/sec - to je hertz - Hz.

Pojení textilních materiálů ultrazvukem je založeno na disipaci zvukové energie na teplo, což zjednodušeně probíhá asi takto: ultrazvuková vlna dopadá na pevné prostředí a rozkmitá jeho molekuly. Ty pak odporovými silami tvořenými vnitřním třením odebírají z původní vlny energii, která se mění v pevné látce na energii tepelnou. Tato energie vzápětí způsobuje ohřátí pevné látky. Účelem je, aby teplota v místě pojení vzrostla natolik, že část materiálu - uvažujeme materiál termoplastický - se dostane do vazkotekutého stavu, čili nastává její měknutí případně roztavení.

Směr přívodu ultrazvukových kmitů musí být kolmý ke svařovanému materiálu. Molekuly v materiálu vlivem těchto kmitů konají chvějivý pohyb kolem své rovnovážné polohy v důsledku buzení, které působením periodicky vznikajícího tlaku vede ke zvýšení plastičnosti a ke zkapalnění. Roztaveného syntetického materiálu musí být takové množství, aby zajistilo spojení dílů po ochlazení. Teplota v místě svaru je vyšší než teplota tání, ale nesmí překročit hranici, při níž dochází k rozkladu syntetických vláken.

Ultrazvuková vlna vytváří v pevné látce proměnné napětové pole, které je popsáno napětím σ :

$$\sigma = \sigma_0 \exp(i\omega t)$$

kde σ_0 ... amplituda napětí

t ... čas

ω ... úhlová frekvence

i ... $\sqrt{-1}$

Napětím dochází v pevné látce k deformaci, která je oproti napětí obecně fázově posunuta o úhel δ , takže průběh deformace ϵ je dán rovnicí:

$$\epsilon = \epsilon_0 \exp(i\omega t - \delta)$$

kde ϵ_0 ... amplituda deformace

Z těchto vztahů lze vypočítat ztrátovou energii v pevné látce E_T , která se promění v teplo za jednu periodu v jednotce objemu:

$$E_T = (\pi \sigma_0^2 / E) \sin \delta$$

Intenzita ztrát I v objemové jednotce se pak vypočte z následujícího vztahu:

$$I = (\pi \sigma_0^2 / E) \cdot f \cdot \sin \delta$$

nebo
$$I = \pi \epsilon_0 / E \cdot f \cdot \sin \delta$$

kde $f = \frac{1}{T}$... frekvence

T ... perioda

Jestliže intenzita vstupující do vrstvy materiálu je označena I_1 a vystupující z materiálu I_2 , pak výkon účinku N_w je :

$$N_w = (I_1 - I_2) \cdot A \quad (1)$$

kde A ... aktivní povrch zářiče

Vystupující intenzita I_2 :

$$I_2 = I_1 \cdot \exp(-2\delta d)$$

kde δ ... absorpční faktor materiálu

d ... tloušťka materiálu

Dosazením do (1) získáme rovnici:

$$N_w = I_1 \cdot A \cdot (1 - \exp(-2\delta d))$$

Na získávání ultrazvuku můžeme použít různé způsoby, avšak pro tuto problematiku bude nejvhodnější využívat takového ultrazvukového chvění, na jehož vyvolání bylo využito elektřiny, tedy piezoelektrického či magnetostrikčního účinku.

Magnetostrikční generátory jsou založeny na magnetostrikčním jevu - na magnetických účincích elektrického proudu. Magnetostrikcí je nazývána změna délkových rozměrů feromagnetických látek - železo, kobalt, nikl a jejich slitiny - vložení do magnetického pole.

Vložíme-li tyč s feromagnetického materiálu do osy cívky, kterou prochází střídavý elektrický proud, začne se tyč v rytmu kmitočtu střídavého proudu natahovat a zkracovat a tím je v podélném směru rozkmitávána. Kmity jsou nejsilnější, když kmitočet budícího střídavého proudu je roven kmitočtu vlastních podélných kmitů tyče.

Piezoelektrickým efektem se nazývá jev elektrické polarizace, to jest vznik elektrických nábojů na plochách krystalů určitých krystalografických tříd, vyvolaný mechanickými deformacemi, například stlačováním krystalů.

Nejčastěji se používá destička nebo tyčinka vyřezaná z krystalu křemene - z turmalínu, a sfaleritu. - rovnoběžně s optickou osou krystalu, jehož dvě protilehlé stěny mají vodivé elektrody. Stlačením destičky vzniká na elektrodách elektrické napětí, napínáním destičky kolmo na elektrody vzniká napětí opačného směru.

Při výrobě ultrazvuku vycházíme z opačného účinku, to jest spojíme elektrody se zdrojem střídavého napětí, destička kmitá kmitočtem těchto oscilací. Maximální přeměna elektrické energie na mechanickou je případě shody kmitočtů napětí s vlastním kmitočtem destičky - tedy při rezonanci.

3.2. Hlavní faktory ultrazvukového spojovacího procesu

3.2.1. Uvolněná energie během ultrazvukového svařování

Ultrazvuk se velmi lehce mění na teplo, to jest na nepravidelný pohyb molekul. Šíření zvuku v hmotném prostředí je vždy spojené s jeho absorpcí. Dodaná kinetická energie při buď zvyšuje postupnou rychlost molekul, nebo zvyšuje jejich vnitřní energii. Kinetickou energií aktivované molekuly získají přitom teplotu, jež bývá často o hodně vyšší než teplota okolního prostředí.

Množství energie ultrazvukových kmitů na jednotku objemu materiálu je dáno rovnicí:

$$E = 2 \pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2 \cdot t_{sv} \cdot z_{ak}$$

kde f ... rezonanční frekvence kmitů

A ... amplituda výchylky čela sonotrody

t_{sv} ... čas svařování

z_{ak} ... odpor akustické zátěže

Tyto faktory jsou nejdůležitějšími činiteli, kteří ovlivňují kvalitu ultrazvukem získaného spoje.

3.2.2. Přítlačná síla neboli pracovní tlak

Tento parametr je důležitý tím, že umožňuje přenos ultrazvukových kmitů do místa svaru.

V místě svaru působí pracovní tlak při ultrazvukovém spojování ve dvou fázích. Na začátku procesu musí tlak překonat reakci odporu textilního materiálu na stlačení. Po jeho stlačení do stavu, kdy jednotlivá vlákna k sobě budou zmáčkuta a nastane první fáze plastické deformace jednotlivých vláken za studena, reakce stlačeného materiálu prudce vzroste. Na překonání této reakce by bylo zapotřebí tlaku, který je nutný pro vyvolání plastické deformace - tečení materiálu za studena.

Vlivem ultrazvukové energie dojde k měknutí materiálu, odpor - reakce - materiálu klesne a teprve v tomto okamžiku nástroj - sonotroda - začne klesat na nastavenou hodnotu vzdálenosti od podložky, takzvanou mezeru mezi nástrojem a podložkou.

Tlak působící na plochu stopy, to jest na plochu svaru je:

$$\sigma = F/S_1$$

kde S_1 ... plocha stopy

F ... síla působící na pracovní nástroj

Při volbě vhodného tlaku je dobrý akustický kontakt sonotrody a materiálu, materiál se zhustí. Tím se vytváří optimální podmínky předávání energie do materiálu. Příliš velká přítlačná síla utlumuje kmitající soustavu, případně

případně může dojít k poškození svařovaného materiálu. Nedostatečný tlak zase může způsobit neprovaření spodní vrstvy a její následné odlupování. Tím přitlačná síla ovlivňuje kvalitu spoje.

3.2.3. Čas svařování

Lze ho volit a nastavovat na časoměřiči svářecího stroje.

Ke změknutí termoplastického materiálu je zapotřebí určité množství energie. Za ideálních podmínek, kdy se veškerá ultrazvuková energie promění v teplo a toto teplo se zcela spotřebuje pouze na ohřev vzorku v místě spoje, můžeme vypočítat hodnotu dávky této energie ze vzorce:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

kde c ... měrné teplo daného materiálu

m ... hmotnost materiálu v místě svaru

ΔT ... rozdíl teplot, o který se musí svařovaný materiál zahřát tak, aby dosáhl teploty měknutí

$$m = \bar{s} \cdot d \cdot t_{l1} \cdot \rho$$

kde $\bar{s}$... šířka svaru

d ... délka svaru

t_{l1} ... tloušťka materiálu před svařením

ρ ... měrná hmotnost materiálu

Od svařovacího zařízení získáme energii:

$$Q = P \cdot t$$

kde P ... výkon stroje v kW

t ... čas svařování v sec

$$P \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta T$$

z čehož

$$t = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{P}$$

což je hledaný čas svařování.

Jak je vidět, na dobu potřebnou ke svařování pro daný materiál má vliv tvar stopy svaru, tloušťka a hmotnost materiálu a také účinný výkon ultrazvukového svařovacího stroje.

Se zvyšováním doby svařování roste pevnost spoje, dosahuje maxima a opět klesá. Při krátkém působení ultrazvukových kmitů není dostatek času na tavení materiálu, naopak větší hodnota času, než je vypočtená, v důsledku zprostředkování většího množství energie může způsobit ohřátí materiálu na teplotu rozpadu. V místě spoje v tomto případě dojde k narušení soudržnosti, to jest materiál se rozpadne.

Z hlediska produktivity práce je snaha, aby čas svařování byl co možná nejmenší.

3.2.4. Amplituda ultrazvukového kmitání

Tato veličina je dána velikostí jedné poloviny rozkmitu svářecího nástroje v bezprostřední blízkosti svářeného místa. Vyvolává pohyb a tření molekul, čímž je vytvářeno teplo nutné k roztavení termoplastického materiálu. Velikost amplitudy je určena výkonem ultrazvukového zdroje a transformací přenosových článků. Touto transformací je možné zvyšovat velikost amplitudy a to až na hranici pevnosti materiálu nástroje, ovšem za cenu snižování plochy svaru. Je-li tedy plocha svaru dána přesně požadovanou konstantou lze amplitudu kmitání zvýšit toliko zvýšením výkonu

zdroje ultrazvukových vibrací.

Amplituda tedy ovlivňuje proces sváření tím, že jejím zvětšením se zvyšuje produktivnost zařízení a tedy čas nutný k získání maximální pevnosti svaru se sníží. Každý materiál je charakteristický svou vlastní amplitudou pomocí níž je vytvářen optimální spoj. Zvýšením či snížením hodnoty amplitudy dochází ke snížení kvality spoje - snížení pevnosti. Optimální velikosti amplitud se pohybují v intervalu 10×10^{-6} - 30×10^{-6} m .

3.2.5. Pracovní frekvence

Pracovní frekvence se pohybuje v rozmezí od 15 do 60 kHz, nejčastěji okolo 22 kHz. Přejít na 44 kHz způsobuje zmenšení maximální amplitudy vlnění v důsledku zmenšení rezonančních rozměrů - tedy zmenšení množství energie vedené do zóny svaru. Přitom nastává zvětšení mechanických ztrát a zmenšení dosažené pevnosti spoje.

Pracovní frekvence je dána použitým měničem, tvarem a rozměry přenosových článků a použitým ultrazvukovým generátorem. Pracovní frekvence omezuje rozměry svářecího nástroje.

3.2.6. Vzdálenost sonotrod čili mezera

Vzdálenost sonotrod je mezera mezi sonotrodou a protikusem.

Nejvhodnějším momentem spojování je zřejmě okamžik, kdy veškerý materiál v místě svaru už změkkl a proces tání teprve začal, to jest na rozhraní konce období měknutí a počátku období tání. Změklý materiál zaujme menší objem než v tuhém stavu. Z toho lze vypočítat hodnotu mezery:

$$M_1 = \check{s} \cdot d \cdot tl_1 \cdot \rho_1$$

$$M_2 = \check{s} \cdot d \cdot tl_2 \cdot \rho_2$$

kde $M_1, M_2 \dots$ hmotnosti tuhého a změklého materiálu

$tl_1, tl_2 \dots$ tloušťky svařovaného materiálu v tuhém a změklém stavu

$\check{s}$ a $d \dots$ rozměry - šířka, délka - místa svaru daného rozměrem stopy svařovacího nástroje

$\rho_1, \rho_2 \dots$ specifické hmotnosti tuhého a změklého materiálu

Z rovnosti M_1 a M_2 vyplývá:

$$\check{s} \cdot d \cdot tl_1 \cdot \rho_1 = \check{s} \cdot d \cdot tl_2 \cdot \rho_2$$

$$tl_2 = tl_1 (\rho_1 / \rho_2)$$

Ověřovací zkoušky ukázaly, že k vypočtené hodnotě mezery se musí připočíst 5 % z původní hodnoty pro zajištění přitlaku nástroje na změklý materiál v místě spojování /1/.

Větší hodnoty mezery než jsou vypočtené, snižují pevnost spoje. V krajních případech ke spojování vůbec nedochází. Po ztuhnutí se jednotlivé vrstvy od sebe odlepují. Menší hodnoty mezery, než je vypočtená, dávají sice z hlediska pevnosti lepší výsledky, ale materiál, který přeteče z těsné mezery, vytváří po ztuhnutí drsné, tvrdé hrany, což je z hlediska konfekcionování nepřijatelné.

Navíc při dosažení určité hranice dalším snižováním velikosti štěrbiny začíná pevnost spoje klesat, neboť nastává přehřátí spoje, čímž se materiál chemicky i fyzikálně poškozuje.

3.2.7. Výsledná tloušťka spoje

Výsledná tloušťka spoje je tloušťka svařovaných materiálů v místě svaru po dovršení procesu ultrazvukového spojování. Určitému typu spoje při stejné výsledné tloušťce odpovídá určitá pevnost v tahu, takže výsledná tloušťka může sloužit pro hodnocení kvality spoje.

Při tloušťce švu, která činí 50 - 64 % z původní tloušťky svařovaného materiálu se dosahuje maximální hodnota pevnosti spojů.

3.2.8. Čas ustálení

Touto veličinou je míněn čas potřebný na ustálení svaru po svařování, během kterého stále ještě působí přitlačná síla. Tento faktor má značný vliv na pevnost spoje, zvláště pak u spojování materiálů s velkou měrnou hmotností. Kombinací různých časů svařování a časů ustálení po svařování je možno získat spoje stejné pevnosti. Při svařování materiálů s malou měrnou hmotností se čas prodloužení materiálů v zóně spojování může omezit na dobu působení ultrazvukových kmitů.

3.2.9. Tvar reliéfu stopy a její rozměry

Tento tvar má nemalý význam pro fyzikálně mechanické vlastnosti spoje - obzvláště pro pevnost a pružnost - jakož i pro estetický vzhled. Reliéf stopy u bodových svářeček může být řešen:

- přímo na nástroji,
- na koncovce nástroje,
- v podložce.

Optimální hodnota rozměru stopy je závislá:

- na vybraném materiálu,
- na tloušťce svařovaných materiálů,
- na tvaru svaru.

Při zvětšování nad optimum nedochází k podstatnějším změnám charakteristik pevnosti svaru. U některých tvarů spoje však pevnost klesá a to zmenšováním plasticity a zvětšováním jeho křehkosti - například tvar stehového řádku. Rozměr svaru se vypočte dle žádané pevnosti švu, tloušťky a druhu materiálu a dle analytických závislostí.

3.2.10. Vliv sonotrody a opory

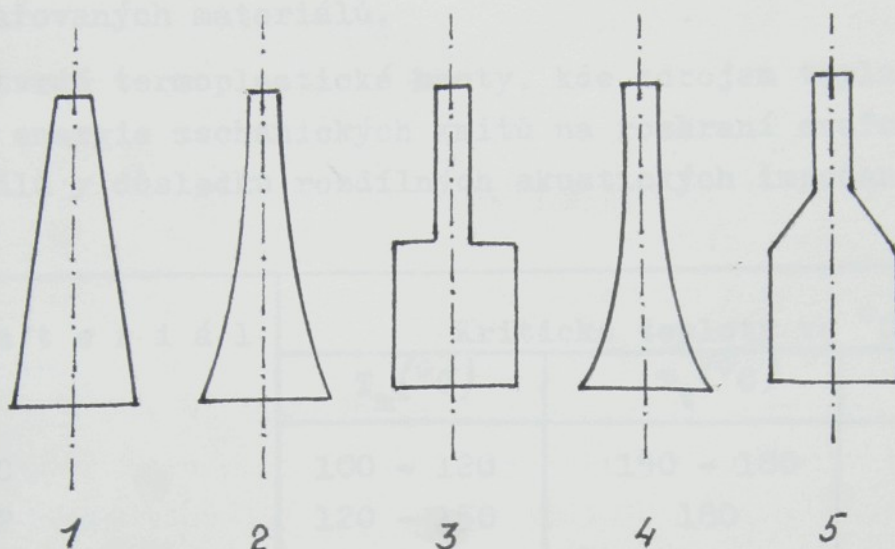
Pevnost svaru u syntetických materiálů závisí také na materiálu z něhož je zhotovena sonotroda a opora.

Výška a tvar opory prakticky neovlivňují pevnost spoje. Materiál opory má však vliv na rychlost vzniku tepla v místě svaru a dále vliv na pevnost svaru mají i rozměry, které mohou způsobit tlumení kmitů.

Materiál svařovacího nástroje - sonotrody - může mít vliv na zpomalení odvodu tepla ze zóny svařování. Toto je výrazné u materiálu s velkými hysterézními ztrátami - například u oceli. Při déle trvající práci dochází k přehřátí sonotrody a odvod tepla ze zóny sváření se zhoršuje. Je-li tedy čas působení ultrazvuku na materiál konstantní, zhoršení odvodu tepla vede k nadměrnému tavení a vytlačování taveniny z místa svaru, v důsledku čehož klesá pevnost spoje.

Na pracovní nástroje je proto vhodné používat materiály jako titan, dural. Pracovní nástroje totiž mají zvýšené požadavky na mechanickou pevnost, protože jednotlivé hmotné body podél sonotrody mají různé amplitudy chvění.

Koncentrátory rozlišujeme dle tvaru na kuželové, exponenciální, stupňované, katenoidální a Furiérův. Viz obrázek č. 1.



Obr. č. 1 - ultrazvukové nástroje dle tvaru

- 1... kuželový
- 2... exponenciální
- 3... stupňový
- 4... katenoidální
- 5... Furierův

3.3. Materiály určené pro svařování

Základním požadavkem tohoto beznitového způsobu spojování textilních materiálů je, aby materiály obsahovaly určité procento syntetických vláken. Nejvýhodnější vlastnosti pro ultrazvukové spojování mají materiály ze 100%ních syntetických vláken. Lze svářet i materiály směsové, přičemž zůstává podmínkou, aby podíl syntetických vláken neklesl pod 60 %.

Termoplastické materiály můžeme rozdělit do dvou skupin:

- měkké termoplastické hmoty, mezi něž patří i syntetická termoplastická vlákna a u nichž zdrojem tepla jsou hyste-

rézní ztráty energie mechanických kmitů v důsledku tření svařovaných materiálů,

- tvrdé termoplastické hmoty, kde zdrojem tepla je pohlcená energie mechanických kmitů na rozhraní svařovaných materiálů v důsledku rozdílných akustických impedancí.

M a t e r i á l	Kritické teploty ve °C		
	$T_m(^{\circ}\text{C})$	$T_t(^{\circ}\text{C})$	$T_R(^{\circ}\text{C})$
PVC	100 - 120	150 - 180	180
POP	120 - 150	180	200 - 300
PAD 6,6	210 - 240	250	320 - 400
PAD 6	195 - 210	249	300 - 330
AC	260	260	250 - 300
PAN	220 - 330	r o z k l á d á s e	
PES	230 - 250	256	280 - 320
POE	90 - 115	130	340 - 440

Tabulka č. I - Materiály vhodné pro svařování

Během ultrazvukového spojování musíme brát ohled i na tloušťku svařovaných materiálů. Během svařování se spojují materiály s tloušťkou

pod 0,1 mm velmi obtížně
 od 0,1 - 0,3 mm obtížně
 od 0,3 - 3,0 mm velmi dobře
 od 3,0 - 5,0 mm výraznější protlačení materiálu
 nad 5,0 mm velmi výrazné protlačení materiálu

3.4. Dělení ultrazvukového svařování

Textilní materiál je možné ultrazvukem svářet několika způsoby:

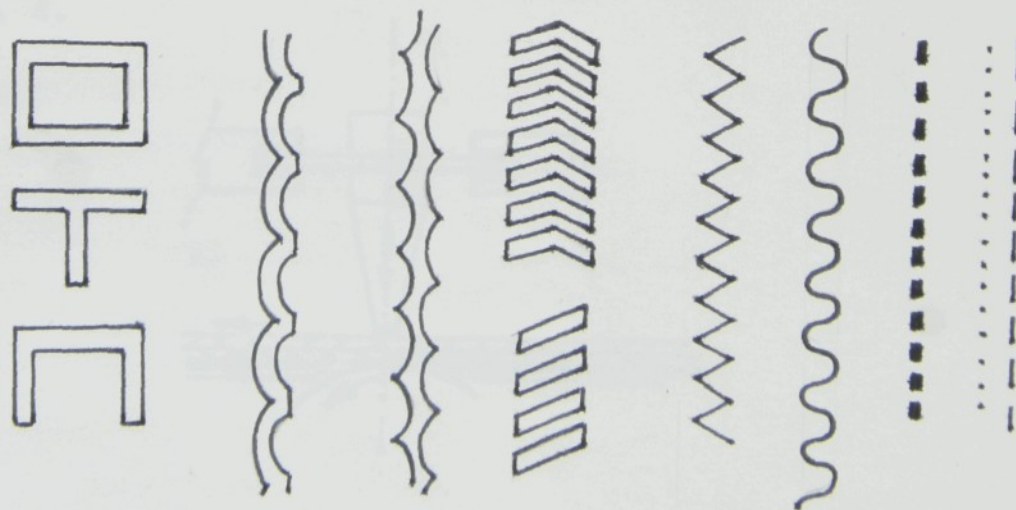
1. Při sváření se nepohybuje textilní materiál, ale ultrazvukový nástroj, tak zvaná pistole. Tento způsob se používá na krátké svary, nebo v případech, kdy konstrukce výrobku nedovoluje svářet ho na stacionárním zařízení.
2. Pohybuje se textilní materiál, ultrazvukový svářecí nástroj je upevněn na stacionárním zařízení. V tomto případě dále rozlišujeme tři způsoby sváření: kontinuální, diskontinuální a tvarový bodový.

Podle tvaru vzniklého spoje dělíme svařování na bodové, nožové a obvodové.

Podle přívodu energie do svařovaného místa dělíme ultrazvukové spojování na:

- přímý kontakt pracovního nástroje a svařovaného materiálu,
- nepřímý kontakt,
- kombinace předcházejících způsobů.

Jednotlivé tvary spojů jsou uvedeny na obrázku č. 2.



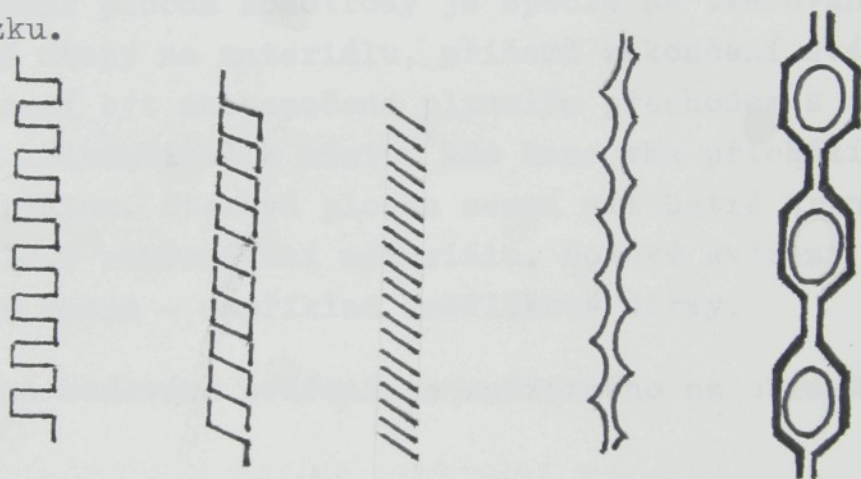
Obr. č. 2 - Tvary ultrazvukových spojů

3.4.1. Kontinuální - švové - svařování

Může se vykonávat dvěma způsoby:

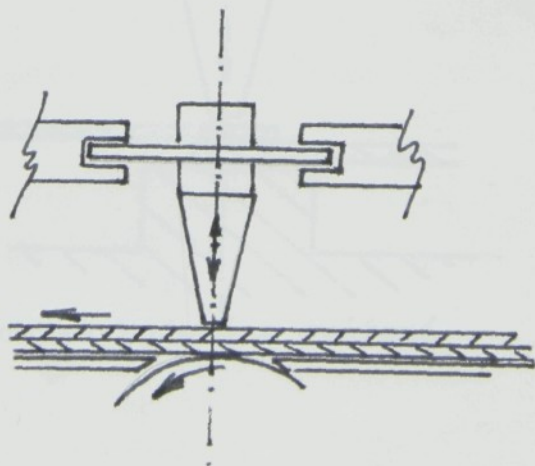
- posouváním tkaniny mezi pevným nástrojem - sonotrodou - a pevnou oporou , sváření protahováním,
- kolečkovým švovým svářením.

Při kontinuálním svařování se spoj vytváří postupně. Energie je přiváděna během celého spojovacího procesu. Tvar spojů je dán reliéfovým válcem či diskem, které se otáčejí proti sonotrodě. Jednoduchou výměnou válce či disku se získá nový vzor. Vzory disků a válců jsou znázorněny na následujícím obrázku.



Obr. č. 3 - Tvary švových spojů kontinuálního svařování

Schema kontinuálního svařování je znázorněno na obrázku č. 4.



Obr. č. 4 - Schema kontinuálního svařování

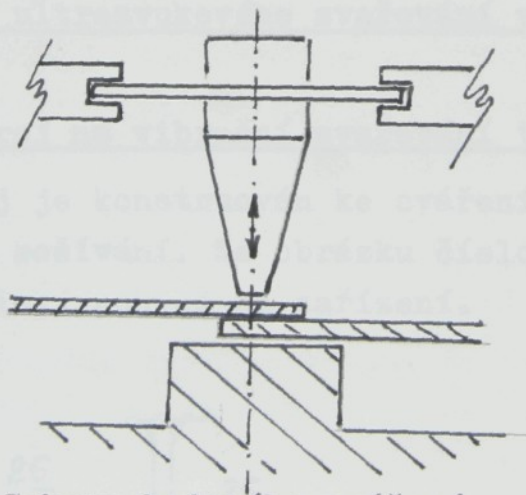
Kontinuální svařování se využívá pro svpojování dílů
prádla, oděvů na jednorázové použití, pracovních oděvů,
záclon, příkrývek a jiných výrobků.

3.4.2. Bodové svařování

Bodový svar se vytváří celý naráz a to pomocí tvaro-
vého nástroje - sonotrody. Přitom se materiál nepohybuje
a sonotroda nebo opora vykonává při sváření vertikální po-
hyb. Energie je tedy do pracovního místa přiváděna jen po
určitý předem zvolený časový úsek.

Pracovní plocha sonotrody je speciálně tvarována dle
požadované stopy na materiálu, přičemž zakončení svářecí
koncovky musí být zabezpečeno plynulým přechodem s určitým
poloměrem křivosti až k místu, kde koncovka přichází do sty-
ku s materiálem. Styková plocha nesmí mít ostré hrany, aby
nedocházelo k rozřezávání materiálu. Bodové sváření se použi-
vá na malé spoje - například knoflíkové dírky.

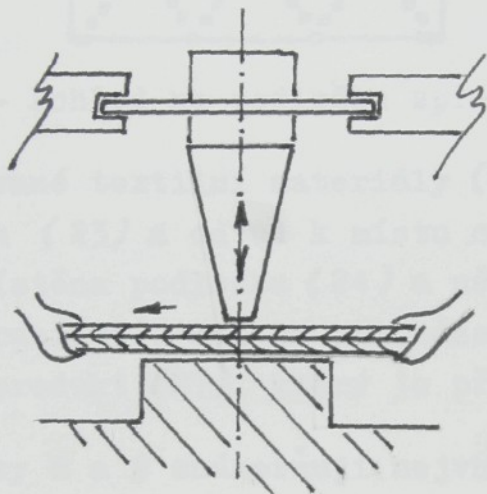
Schema bodového sváření je znázorněno na obrázku č. 5.



Obr. č. 5 - Schema bodového sváření

3.4.3. Diskontinuální svařování

Toto svařování je obměnou bodového svařování. Zde se vytváří svar nožovou sonotrodou a po jeho vytvoření se materiál zpod sonotrody uvolní a přemístí o délku nástroje. Další svar může překrývat předcházející, případně se může vytvořit v určité vzdálenosti od něho. Schema zařízení je uvedeno na obrázku č. 6.

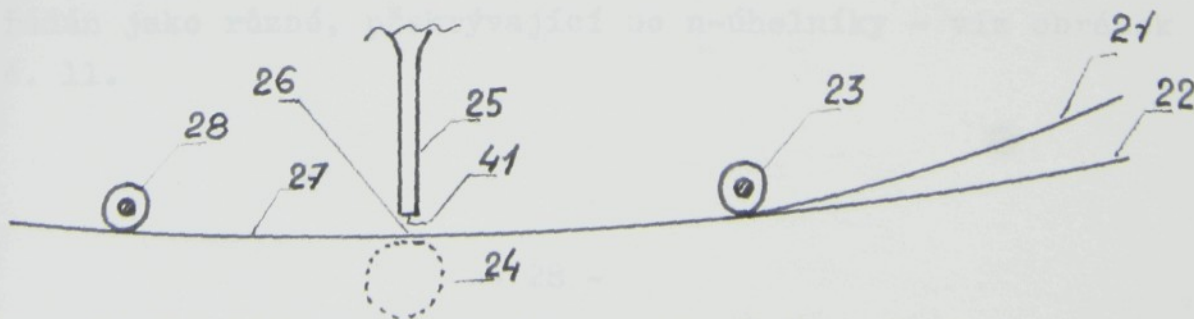


Obr. č. 6 - Schema zařízení pro diskontinuální svařování

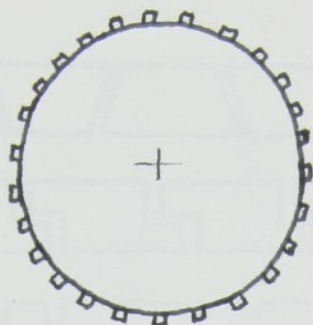
3.5. Využití ultrazvukového svařování v textilních technologiích

3.5.1. Přístroj na vibrační svařování textilních materiálů

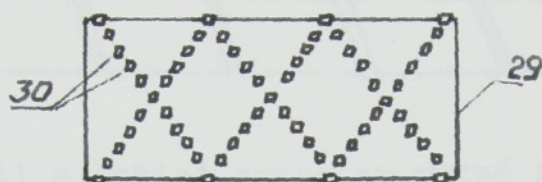
Přístroj je konstruován ke sváření vrstev materiálu místo jejich sešívání. Na obrázku číslo 7 je znázorněn celkový schematický pohled na zařízení.



Obr. č. 7 - Schema přístroje na vibrační svařování



Obr. č. 8 - Boční pohled na podložku

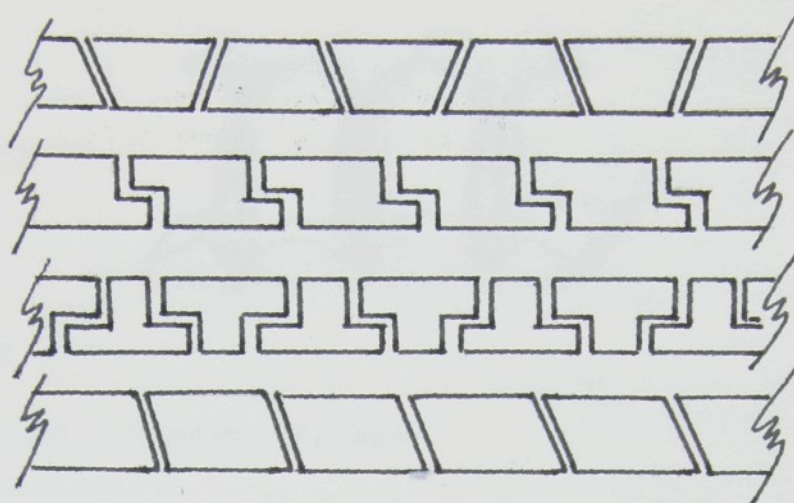


Obr. č. 9 - Pohled na podložku zpredu

Svařované textilní materiály (21,22) jsou podávány přes kladku (23) a odtud k místu svařování (26). V tomto bodě je umístěna podložka (24) a několik ultrazvukových zdrojů vibrací (25). Zde se přicházející materiály svařují v konečný produkt (27), který je přes kladku (28) odváděn.

Obrázky 8 a 9 znázorňují nejvhodnější provedení podložky (24) ve formě trubky (29) s výstupky (30) v určité vzdálenosti od čela (41) zdroje (25), aby vznikl svar tam, kde se čelo a výčnělek setkají.

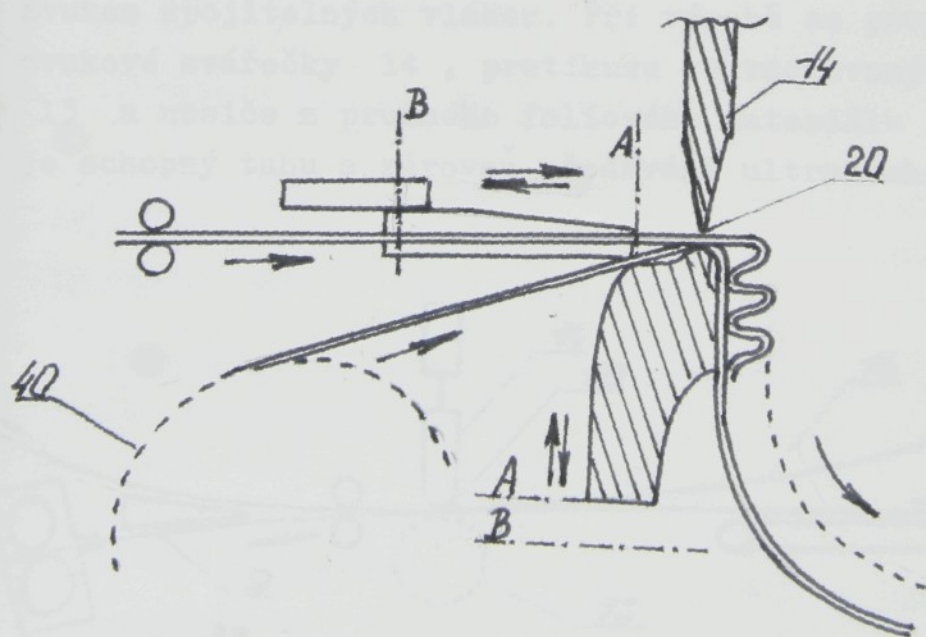
Přínos tohoto zařízení je ve vytvoření zdroje vibrací (25). Tento zdroj pokrývá celou šíři materiálů. Pokud by byly tyto zdroje umístěny těsně vedle sebe, budou proti sobě vibrovat a zničí se. Naopak nepokryje-li se celá šíře zdrojem vibrací, dojde ke vzniku čar kolmo k pohybu materiálu a tyto čáry nebudou svařeny. Řešení tohoto problému u uvedeného zařízení spočívá v tom, že zdroj vibrací je uspořádán jako různé, překrývající se n-úhelníky - viz obrázek č. 11.



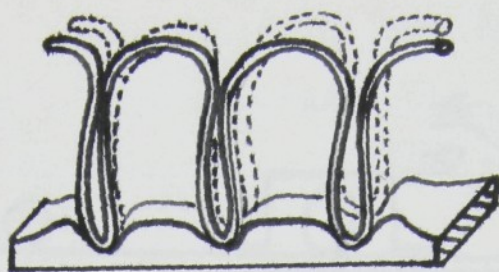
Obr. č. 11 - Pohled shora na různé způsoby uspořádání ultrazvukových zdrojů tak, aby se překrývaly.

3.5.2. Zařízení na výrobu objemované textilie

Princip tohoto zařízení spočívá v navařování jednotlivých přiváděných polypropylenových kabílek na nosnou polypropylenovou folii, případně pavučinu. Schema zařízení je uvedeno na obrázku číslo 12 a obrázku číslo 13.



Obr. č. 12 - Schema zařízení



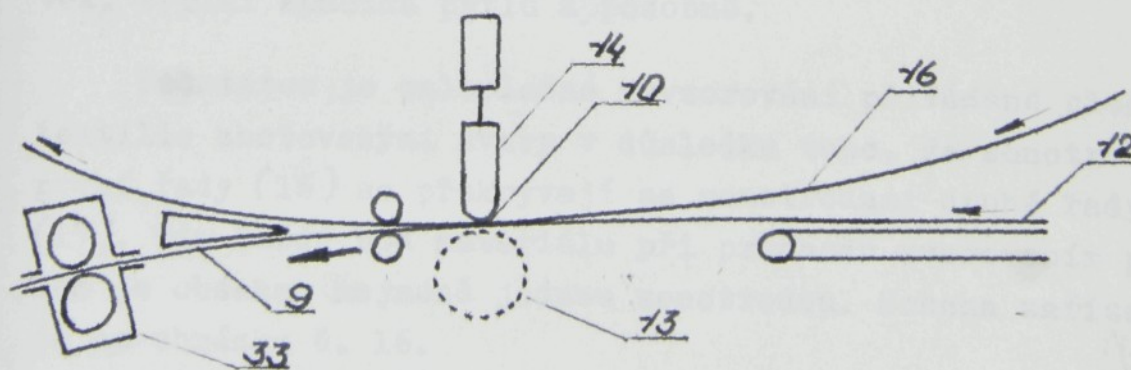
Obr. č. 13 - Schema výrobku

Nosná folie je odvíjena z válce 40 a vedena přes pohyblivý protikus 23. Do míta 20, kde dochází sonotrodou 14 ke svařování obou komponent, se přivádí druhý textilní materiál - polypropylenový kabílek. Rychlosti podávání obou komponent jsou různé, v důsledku čehož dochází k vytváření smyčky z kabílku a jejímu následnému zatavení do nosného materiálu.

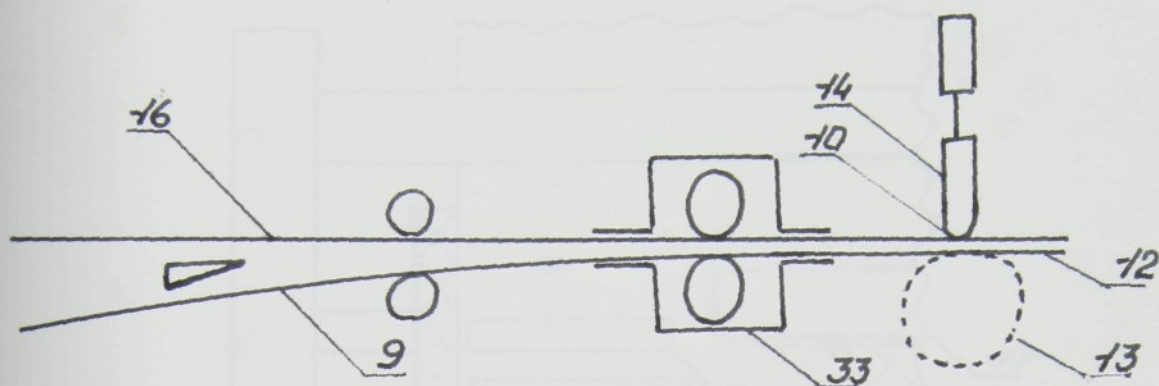
Výhodou řešení je, že se nemění struktura vrstvy během pojení. Lze však měnit počet smyček a jednotku délky. Toto zařízení se využívá na výrobu podlahových krytin.

3.5.3. Ultrazvukové spojování netkané textilie

Jedná se o metodu výroby plošné textilie z ultrazvukem spojitelných vláken. Při výrobě se používá ultrazvukové svářečky 14, protikusu se vzorovaným povrchem 13 a nosiče z pružného foliového materiálu 16, který je schopný tahu a zároveň předávání ultrazvukové energie.



Obr. č. 14 - Schema zařízení



Obr. č. 15 - Schema zařízení s přemístěním fixačních komor

Postup:

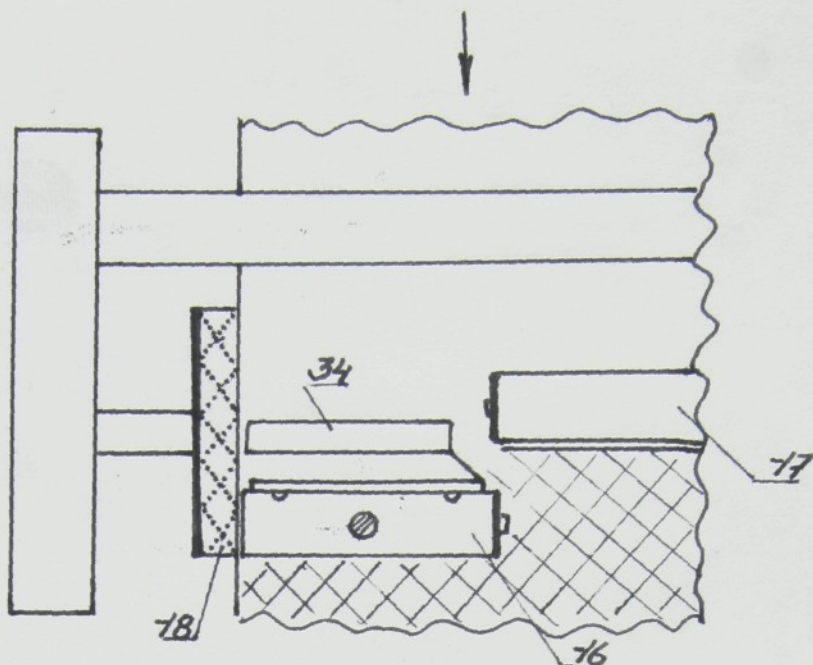
- uložení rouna (12) čelem k nosiči (16) ,
- prostupování rouna s nosičem místem svařování (10),
- dodávání ultrazvukové energie, tvorba netkané textilie
- oddělení nosiče od netkané textilie.

Ke zvýšení pevnosti hotové látky se doporučuje ohřívat látku za použití konvenčního ohřívacího přístroje (33). Dle charakteru nosiče (16) a textilie (9) lze ohřev provádět po oddělení od nosiče (viz obr. č. 14) , nebo před tím (viz obr. č. 15).

3.5.4. Metoda spojování vrstvených textilií

Vztahuje se na spojování vrstvených textilií ultrazvukem. Získané textilie se využívají do vycpávek, pokrývek, výplní spacích pytlů a podobně.

Podstatou je celoplošné vyvzorování přiváděné plošné textilie zhotovenými svary v důsledku toho, že sonotrody první řady (16) se překrývají se sonotrodami druhé řady (17). Tím každý bod materiálu při průchodu svařovacím polem je obsazen nejméně jednou sonotrodou. Schema zařízení je na obrázku č. 16.



Obr. č. 16 - Schema zařízení - pohled shora

- 16 ... sonotrody první řady
- 17 ... sonotrody druhé řady
- 18 ... protikus - vzorovaný válec
- 34 ... tlakový orgán

Přínos metody spočívá v odstranění krčení přiváděného materiálu, které nastávalo v okamžiku, kdy tento materiál dosáhl první řady sonotrod. Zmíněného nedostatku bylo odstraněno umístěním tlakového orgánu k sonotrodám první řady. Tento orgán je od sonotrod oddělen a napomáhá udržení vrstveného materiálu v rovině po celé šířce dle podélné osy první řady sonotrod.

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1. Použitá zařízení

Pro vlastní měření byla použita zařízení:

- ultrazvuková svářečka typu UZB - 600T,
- tkaninový dynamometr FMG w 250,
- digitální čítač amplitudy a frekvence,
- Fe-Ko- termočlánek.

4.1.1. Popis ultrazvukové svářečky UZB - 600T

Stroj je řešen jako poloautomat pro práci vsedě s ručním vedením spojovaných materiálů, s nenáročným nastavováním pracovního režimu. Je stavebnicové konstrukce a skládá se z následujících hlavních částí:

- stůl svářečky,
- nosný sloup k upínacím a zdvihadacím mechanismům,
- hlava stroje s měničem,
- ovládací skříň,
- spouštěcí pedál,
- svářecí nástroj.

4.1.1.1. Stůl svářečky

Podstavec je ze svařovaných jäcklových profilů o rozměru 50x30x105. Rozměr pracovní desky zařízení je 670x1060 mm.

4.1.1.2. Nosný sloup k upínacím a zdvihadacím mechanismům

Nosný sloup k upínacím a zdvihadacím mechanismům má průměr 85 mm a objímkami je k němu připevněna hlava svářečky. Jejich uvolněním lze volně hlavou posouvat ve vertikálním směru. Tato skupina mechanismů je tedy tvořena základní deskou, nosným sloupem, objímkou hlavy a zdvihadacím zařízením.

4.1.1.3. Hlava svářečky

Je nejdůležitějším mechanismem a skládá se z těchto částí:

- fréma, svodícím mechanismem měniče svařena z ocelového profilu,
- dvoudílný držák měniče je čtyřmi šrouby připevněn k pohyblivé části vedení, v horní části je kontakt pro napájení měniče a přívod stlačeného vzduchu na jeho chlazení,
- piezoelektrický zvukový měnič umístěný ve válcovém pouzdře,
- pneumatický válec vytváří svářecí tlak a zdvihá nástroj s měničem do horní polohy,
- mikrometrický doraz umístěný na podhledu hlavy zabezpečuje potřebnou mezeru mezi čelem sonotrody a protikusem,
- ovládací solenoidové ventily,
- regulace chladícího vzduchu,
- kryt.

4.1.1.4. Ovládací skříň

Je konstruována jako samostatný celek, který se zasouvá pod pracovní desku a upevňuje dvěma čepy. Obsahuje pneumatickou mikroskříňku, elektroskříňku, ultrazvukový generátor, a zásuvku pro obsluhu.

4.1.1.5. Spouštěcí šlapka

Slouží pro uvádění do pracovní činnosti, je mechanicky spojena se stolem svářečky. Šlapka je spojena s mikrospínačem, který je pod deskou stolu a je napojen na ovládací skříň.

4.1.1.6. Svářecí nástroje

K zařízení patří sada nástrojů, jejichž volba ^{je} dána technologickou operací.

4.1.1.7. Technické údaje

napětí	220 V 50 Hz
příkon	900 VA
tlak vzduchu	0,5 MPa
spotřeba vzduchu	1,5 Nm ³ /hod
maximální svářecí síla	1500 N
výkon ultrazvukového generátoru	630 W
pracovní frekvence	20 kHz
čas sváření	0,2 - 3,0 sec
čas ochlazování	0 - 3 sec
tloušťka svářených materiálů	0,1 - 3,0 mm
maximální plocha svaru	300 mm ²

4.1.1.8. Cyklus pracovní činnosti

Začíná vložení svařovaného materiálu a spuštěním stroje automaticky a je tvořen:

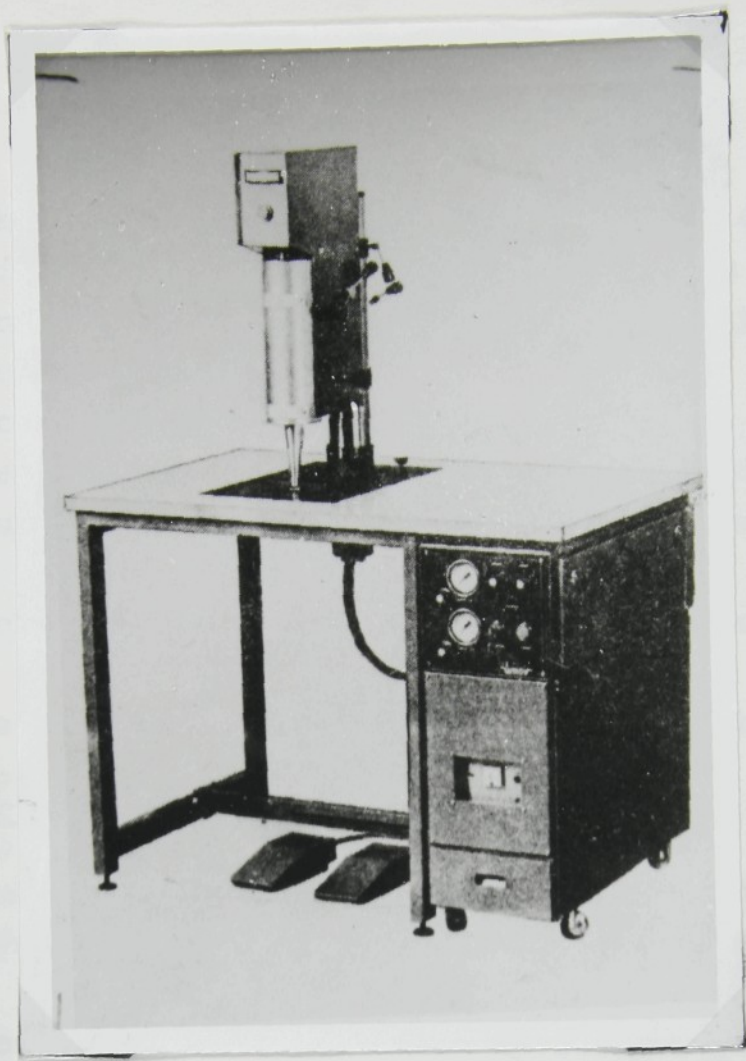
- přitlakem sonotrody na textilní materiál,
- sepnutím ultrazvukové energie,
- působením ultrazvukové energie zvolenou dobu,
- vypnutím ultrazvukové energie,
- setrváním nástroje pod tlakem,
- uvolněním materiálu a zdvihem hlavy s nástrojem do původní polohy.

Cyklus probíhá automaticky stlačením pedálu. Sled a délka jednotlivých operací jsou dány časově závislou automatikou.

4.2. Exploatační podmínky a ošetřování

Pro vlastní provedení experimentální části práce byl stanoven následující postup:

1. Zhotovení vzorku pro - 36 -



Obr. č. 17 - Ultrazvuková bodová svářečka UZB - 600T

4.1.2. Tkaninový dynamometr FMGw 250

Tento dynamometr sloužil pro zjištění pevnosti a to jak u základního materiálu, tak i pro pevnosti svaru. Pro zjištění pevnosti byly využívány stupnice

0 - 500 N,

0 - 1000 N,

upínací délka vzorku 200 mm a pracovní rychlost v rozmezí 10 - 90 m/min.

4.2. Rozvržení experimentu a metodika měření

Pro vlastní provedení experimentální části práce byl stanoven následující postup:

- zhotovení vzorku pro stanovení optimálních technologických

- podmínek svařování pro dané kombinace materiálů,
- vizuální hodnocení a ověření prostřednictvím dynamometru,
 - zhotovení vzorků za optimálních technologických podmínek,
 - mechanické zkoušky vzorků,
 - vyhodnocení trhacích diagramů,
 - vyhotovení vzorků pro zjištění vlivu amplitudy, frekvence ultrazvukových vibrací, teploty a přítlaku na pevnost svaru,
 - mechanické zkoušky vzorků a vyhodnocení trhacích diagramů,
 - aplikace na praktické využití a ekonomické zhodnocení.

4.3. Výběr materiálů pro svařování

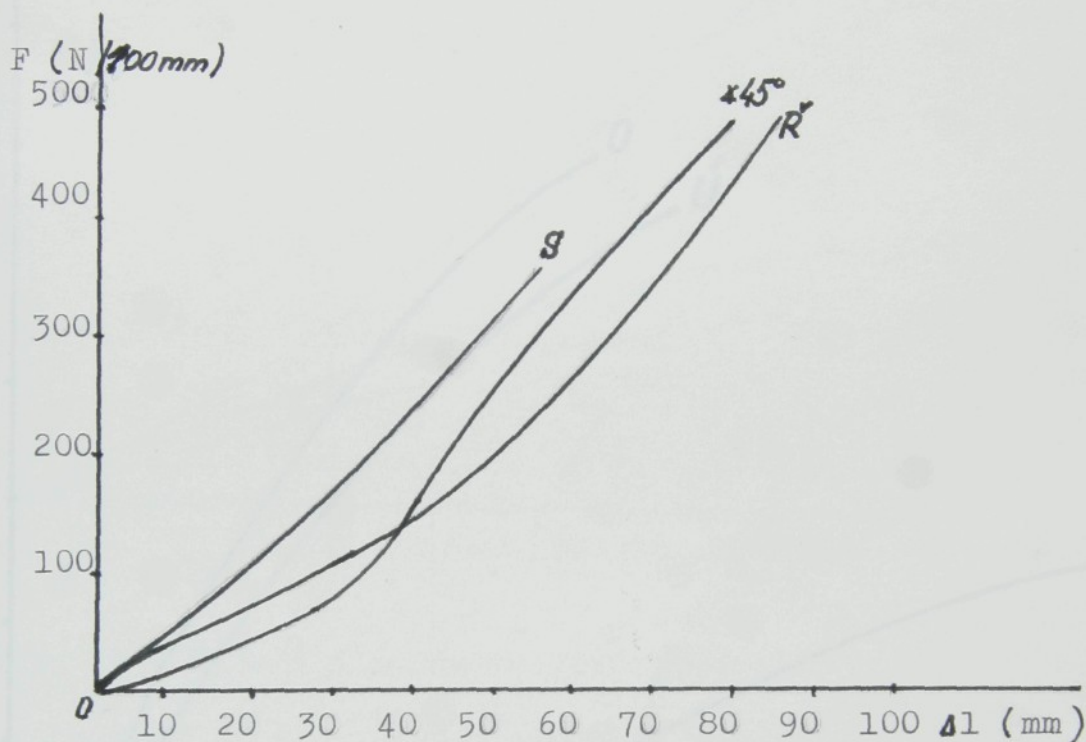
V současné době se stále více objevují materiály se specifickými vlastnostmi. Mezi ně patří i kompozity, které mimo jiné představují materiály zhotovené z několika vrstev, které se označují vrstevné. Každá z vrstev svými specifickými vlastnostmi přispívá k vytvoření nových vlastností vrstevného kompozitu. Mezi vrstevné kompozity patří i takové, jejichž základními složkami jsou textilní útvary vytvářející vrstvy navzájem propojené. Vzájemné propojení vrstev lze provádět zvláštními pojivy, ovšem vzhledem k soudobému využití syntetických vláken se jeví velmi výhodné pojit vrstevné textilní kompozity (dále VTK) ultrazvukem.

Jako součásti vrstevných textilních kompozitů byly zvoleny následující textilní materiály.

1. Polyamidová jednolícní osnovní pletenina SANDRA

- plošná hmotnost	127 g/m ²
- tloušťka	0,325 · 10 ⁻³ m
- pevnost v tahu po sloupku	735 N/100 mm
po řádku	336 N/100 mm
po 4 45°	450 N/100 mm

- tažnost po sloupku	55 %
po řádku	34 %
po $\times 45^\circ$	76 %
- T_m ($^\circ\text{C}$)	210 - 240
- T_t ($^\circ\text{C}$)	225 - 264



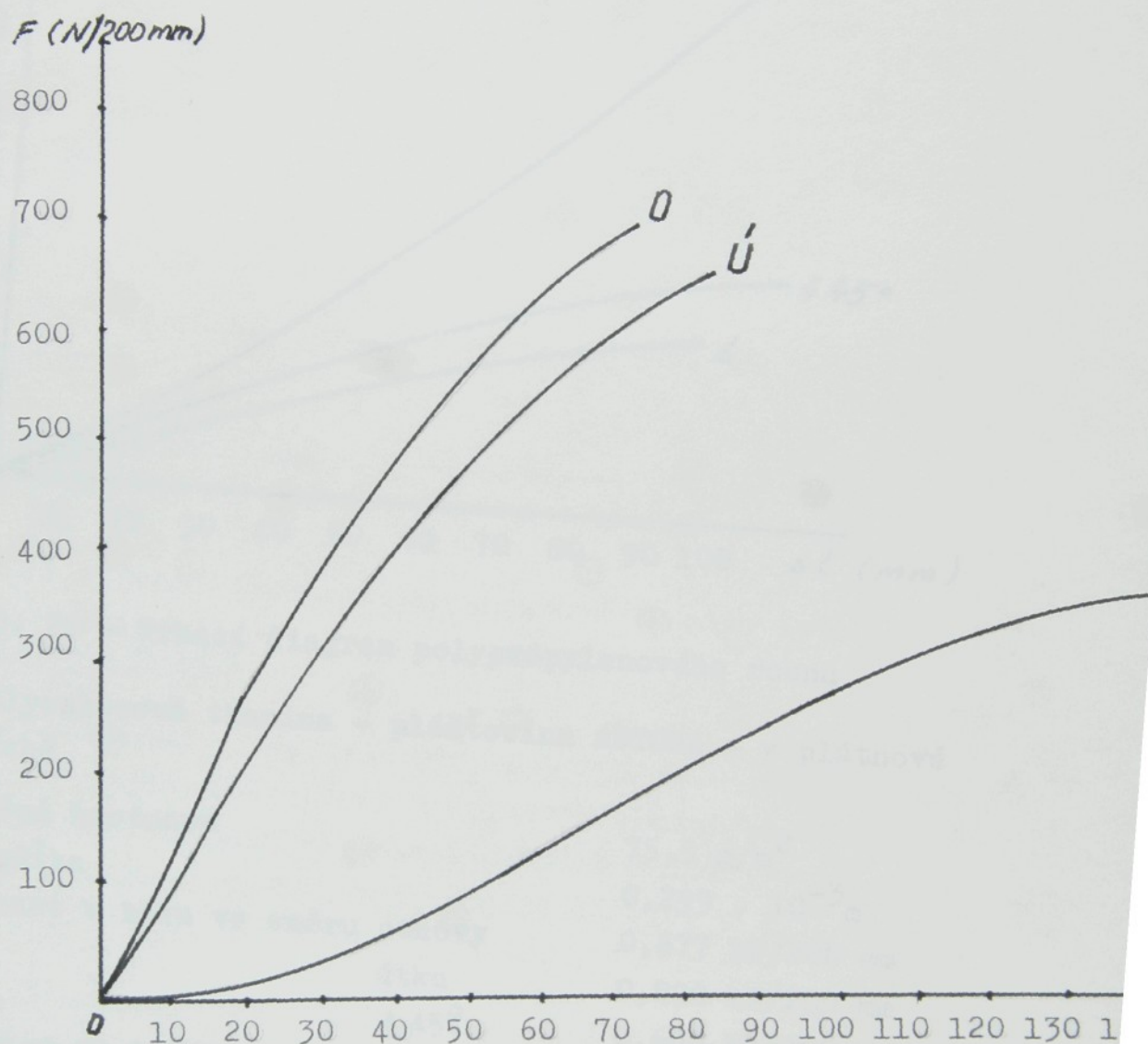
Obr. č. 18 - Trhací diagram polyamidové pleteniny SANDRA

2. Polypropylenová filtrační tkanina v plátnové vazbě

- plošná hmotnost	166 g/m ²
- tloušťka	0,610 · 10 ⁻³ m
- jemnost POPh v osnově i útku	440 dtex
- pevnost v tahu ve směru osnovy	1,74 kN/200 mm
útku	1,66 kN/200 mm
$\times 45^\circ$	1,13 kN/200 mm
- tažnost ve směru osnovy	45 %
útku	51 %
$\times 45^\circ$	75 %

- $T_m (^{\circ}\text{C})$
 - $T_t (^{\circ}\text{C})$

120 - 150
 180

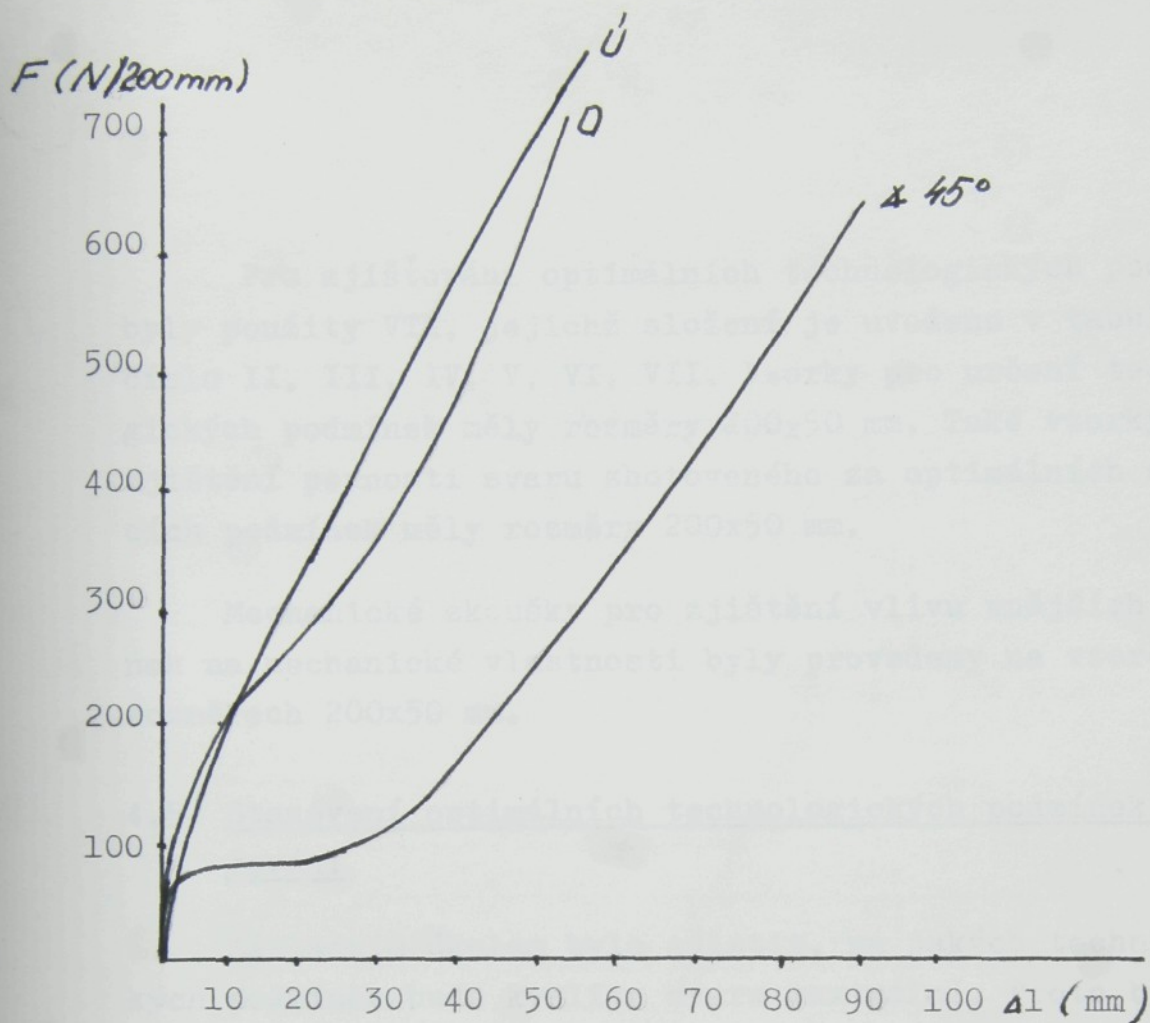


Obr. č. 19 - Trhací diagram polypropylenové tkaniny

3. Polypropylenové rouno s fibrilovanou strukturou

- plošná hmotnost

200 g/m^2
 400 g/m^2



Obr. č. 21 - Trhací diagram polyesterové tkaniny Astona

4.4. Příprava vzorků

Jako základní složky pro přípravu VTK bylo použito polypropylenové rouno. Jako nosných vrstev případně vrstev i s jinými funkcemi ochrannými, estetickými a dalšími bylo užito polyamidové pleteniny, polypropylenové tkaniny a polyesterové tkaniny.

Byly zhotoveny také vzorky kombinací POP rouna s PETEXEM a netkanou viskozovou textilií. Protože však získané vzorky nejsou vhodné pro děvní účely, nejsou v práci dále uváděny. Dále pak byly zhotoveny vzorky z polyamidové pleteniny a polyuretanové pěny MOLITAN. Během svařování se však zjistilo, že polyuretan není vhodný pro tuto technologii v důsledku úplného provařování materiálu a jeho následného odpadnutí od nosné pleteniny.

Pro zjišťování optimálních technologických podmínek byly použity VTK, jejichž složení je uvedeno v tabulkách číslo II, III, IV, V, VI, VII. Vzorky pro určení technologických podmínek měly rozměry 200x50 mm. Také vzorky pro zjištění pevnosti svaru zhotoveného za optimálních svařovacích podmínek měly rozměry 200x50 mm.

Mechanické zkoušky pro zjištění vlivu vnějších podmínek na mechanické vlastnosti byly provedeny na vzorcích o rozměrech 200x50 mm.

4.5. Stanovení optimálních technologických podmínek svařování

Základním úkolem bylo zjistit, za jakých technologických podmínek bude kvalita svaru maximální. Proto bylo provedeno několik zkoušek následujícím způsobem. VTK byly svařeny pomocí nožové sonotrody o rozměrech 20x2 mm. Svary byly na pásku kompozitu rozmístěny v pravidelných intervalech 15 mm.

Za konstatně nastaveného tlaku a času byl měněn přítlak pomocí mikrometrického šroubu. Na základě vizuálního hodnocení byly zjištěny optimální podmínky pro svařování. Tyto však byly ještě ověřeny na dynamometru. Tím se prokázalo, že vizuální hodnocení ne vždy odpovídalo správným technologickým podmínkám.

Hodnoty optimálních technologických podmínek jsou zaneseny v následujících tabulkách, kde

L ... longitudální směr POP rouna

T ... transversální směr POP rouna

p ... hodnota pracovního tlaku v MPa

t ... hodnota času svařování v sec

x ... hodnota přítlaku daná hodnotou mikrometrického šroubu

POP rouno 200 g/m ²	P A D p l e t e n i n a								
	sloupek			řádek			45°		
	t	p	x	t	p	x	t	p	x
T	0,5	0,2	23,5	0,5	0,2	21,5	0,75	0,2	22,5
L	0,5	0,2	23,5	0,5	0,2	21,-	0,75	0,2	22,5
45°	0,5	0,2	23,5	0,5	0,2	21,-	0,75	0,2	22,-

Tab. č. II - Optimální hodnoty parametrů při svařování

POP rouno 400 g/m ²	P A D p l e t e n i n a								
	sloupek			řádek			45°		
	t	p	x	t	p	x	t	p	x
L	1	0,2	22	0,25	0,2	19,5	0,5	0,2	22,5
T	0,5	0,2	24	0,25	0,2	24,-	0,25	0,2	24,-
45°	1	0,2	22	0,25	0,2	24,-	0,25	0,2	24,-

Tab. č. III. - Optimální hodnoty parametrů při svařování

POP rouno 400 g/m ²	P O P t k a n i n a								
	osnova			útek			45°		
	t	p	x	t	p	x	t	p	x
L	0,75	0,2	23	0,75	0,2	22	0,5	0,2	23
T	0,75	0,2	23,5	0,75	0,2	22	0,5	0,2	21,5

Tab. č. IV. - Optimální hodnoty parametrů při svařování

POP rouno 200 g/m ²	P O P t k a n i n a								
	osnova			útek			45°		
	t	p	x	t	p	x	t	p	x
L	0,5	0,2	22,5	0,5	0,2	21,5	0,25	0,2	23,-
T	0,5	0,2	23,-	0,5	0,2	22,-	0,25	0,2	23,5

Tab. č. V. - Optimální hodnoty parametrů při svařování

POP rouno 200 g/m ²	P E S t k a n i n a								
	osnova			útek			45°		
	p	t	x	p	t	x	p	t	x
L	0,26	0,75	21,0	0,26	0,75	21,0	0,26	0,75	21,5
T	0,26	0,75	21,0	0,26	0,75	20,5	0,26	0,75	21,5

Tab. č. VI. - Optimální hodnoty parametrů při svařování

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty parametrů (určujících optimální svar z hlediska pevnosti) pro třívrstevný textilní kompozit z POP tkaniny POP rouna a PAD pleteniny (výhradně ve směru sloupku).

PAD p l e t e n i n a v e s s m ě r u s l o u p k u									
POP rouno 400 g/m ²	P O P t k a n i n a								
	osnova			útek			45°		
	p	t	x	p	t	x	p	t	x
L	0,2	0,5	24,5	0,2	0,5	24,-	0,2	0,5	22,5
T	0,2	0,5	20,-	0,2	0,5	21,5	0,2	0,25	22,-

Tab. č. VII. - Optimální hodnoty parametrů při svařování

Optimální technologické podmínky jsou závislé na mnoha parametrech. Vyměníme-li ultrazvukový nástroj, jež se liší od původních, závisí také na čistém času chodu svářečky. Vliv mají také vlastnosti svařovaných materiálů jako tloušťka, nestejnoměrnost rouna a jiné.

Nevýhodou se tedy jeví nutnost stanovovat pro každý nový materiál optimální podmínky. Pro tato zjišťování zatím nebyl vypracován postup, který by optimální podmínky odvodil od určených parametrů.

4.6. Mechanické zkoušky

Mechanickými vlastnostmi plošných textilií se rozumí pevnost^V tahu, pevnost v protržení, tažnost. Protože vrstevné textilní kompozity už svým navrstvením získávají vysokou odolnost proti protržení, stává se měření této veličiny bezpředmětné. K porušení může dojít jen monoaxiálním namáháním kompozitu, které bylo simulováno na dynamometru.

4.6. 1. Porušování spojů

Během těchto zkoušek se vyskytly dva způsoby narušení spojů:

- rozlepení vrstev - porušení spoje aniž by se narušily jednotlivé vrstvy kompozitu,
- porušení samotného svaru - lámání svaru vlivem jeho ztvrdnutí.

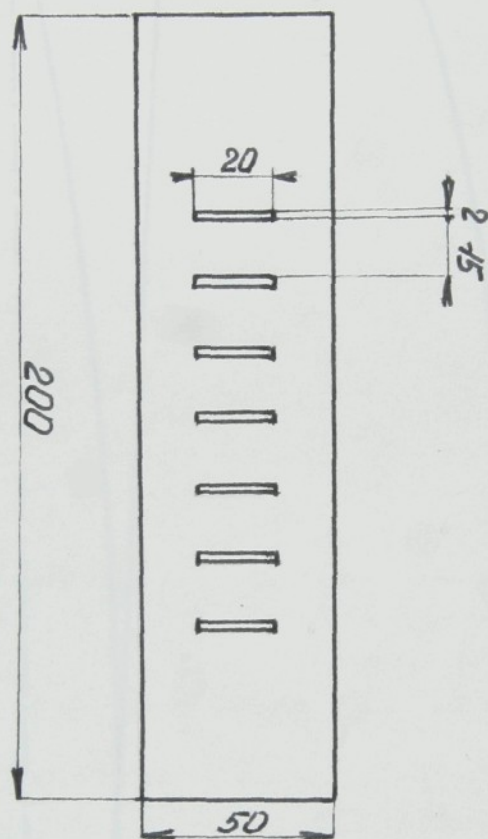
Jako extrémní varianta se vyskytoval třetí způsob destrukce zkoušeného materiálu, kdy došlo k porušení základního materiálu v bezprostřední blízkosti svaru, tedy na rozhraní svaru a svařovaného materiálu.

Způsob narušení úzce koresponduje se směrem namáhání vzhledem k rozmístění spoje na vrstevném kompozitu a s pevností spoje, jež je pak ovlivněna nastavenými technologickými podmínkami.

4. 6. 2. Vyhodnocení mechanických zkoušek

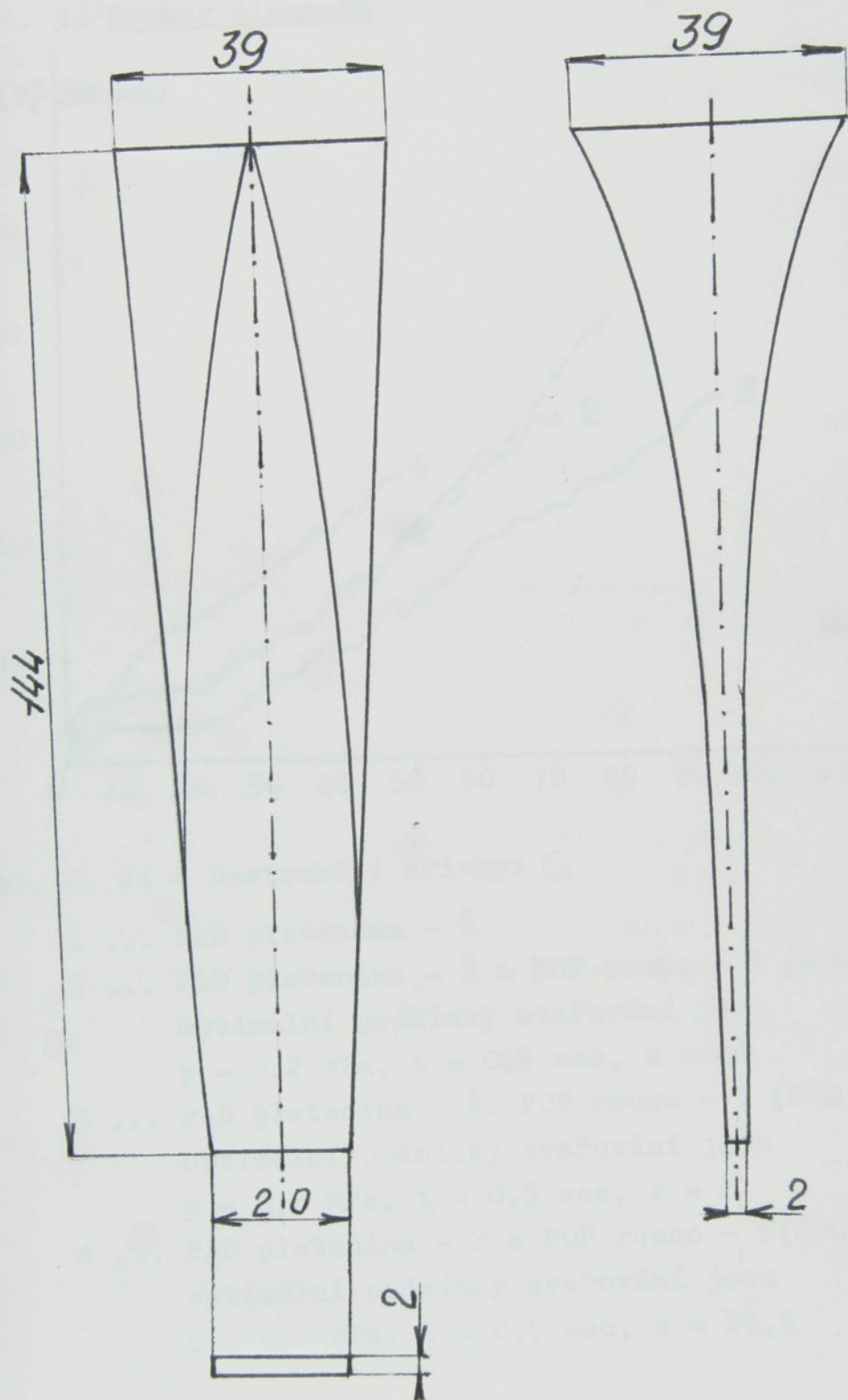
Mechanické zkoušky byly provedeny na předem připravených vzorcích o rozměrech 200x50 mm, na nichž byly v pravidelných intervalech 15 mm provedeny svary. Vrstevné textilní kompozity byly navrstveny dle tabulek č. II, III, IV,

V, VI, VII viz strana 43 - 45 , svařeny za předem stanovených optimálních podmínek svařování pro dané materiály. Obr. č. 22 znázorňuje vzorek kompozitu s rozmístěnými svařy vytvořenými nožovým koncentrátorem S 2/20. Obrázek č. 23 uvádí nožový koncentrátor S 2/20.



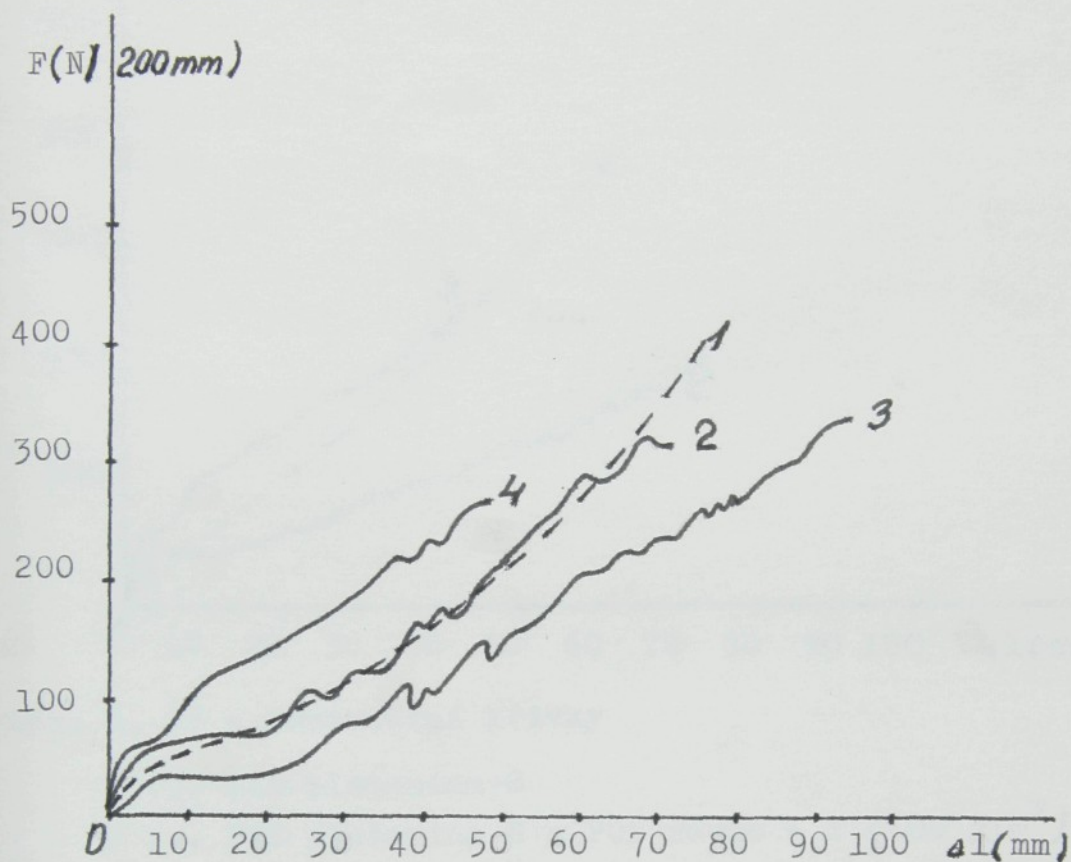
Měřítko 1 : 2

Obr. č. 22 - Schema vzorku pro dynamometr



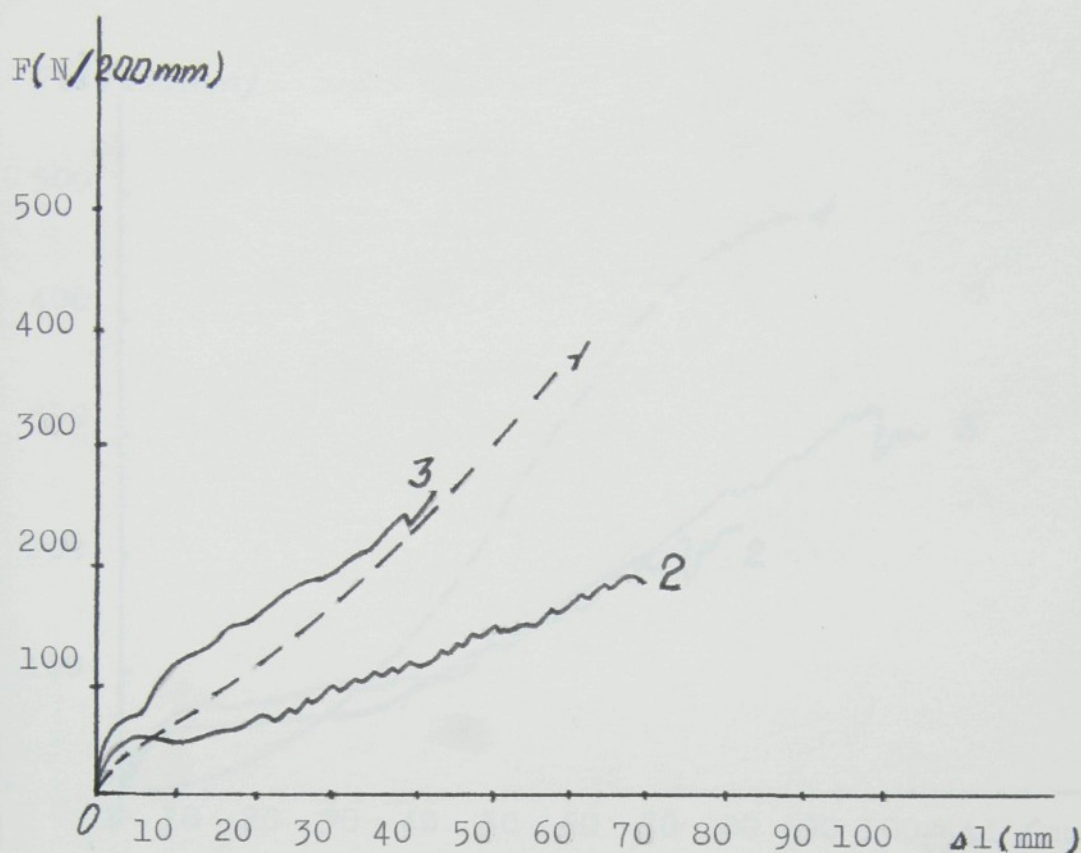
Obr. č. 23 - Nožový koncentrátor typ S 2/20.

4. 6. 3. Rozbor diagramů



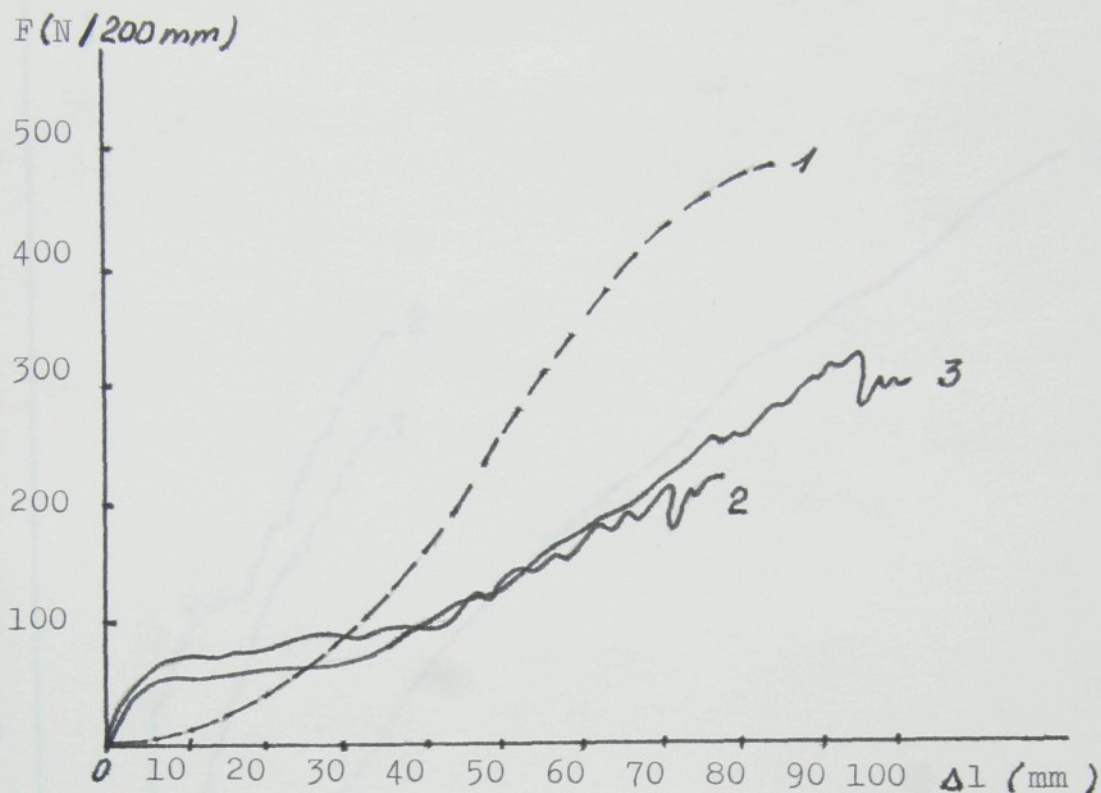
Obr. č. 24 - Destrukční křivky:

- 1 ... PAD pletenina - Ř
- 2 ... PAD pletenina - Ř a POP rouno - T (400 g/m^2):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 24$
- 3 ... PAD pletenina - Ř, POP rouno - T (200 g/m^2):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 21$
- 4 ... PAD pletenina - S a POP rouno - T (200 g/m^2):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 23,5$



Obr. č. 25 - Destrukční křivky

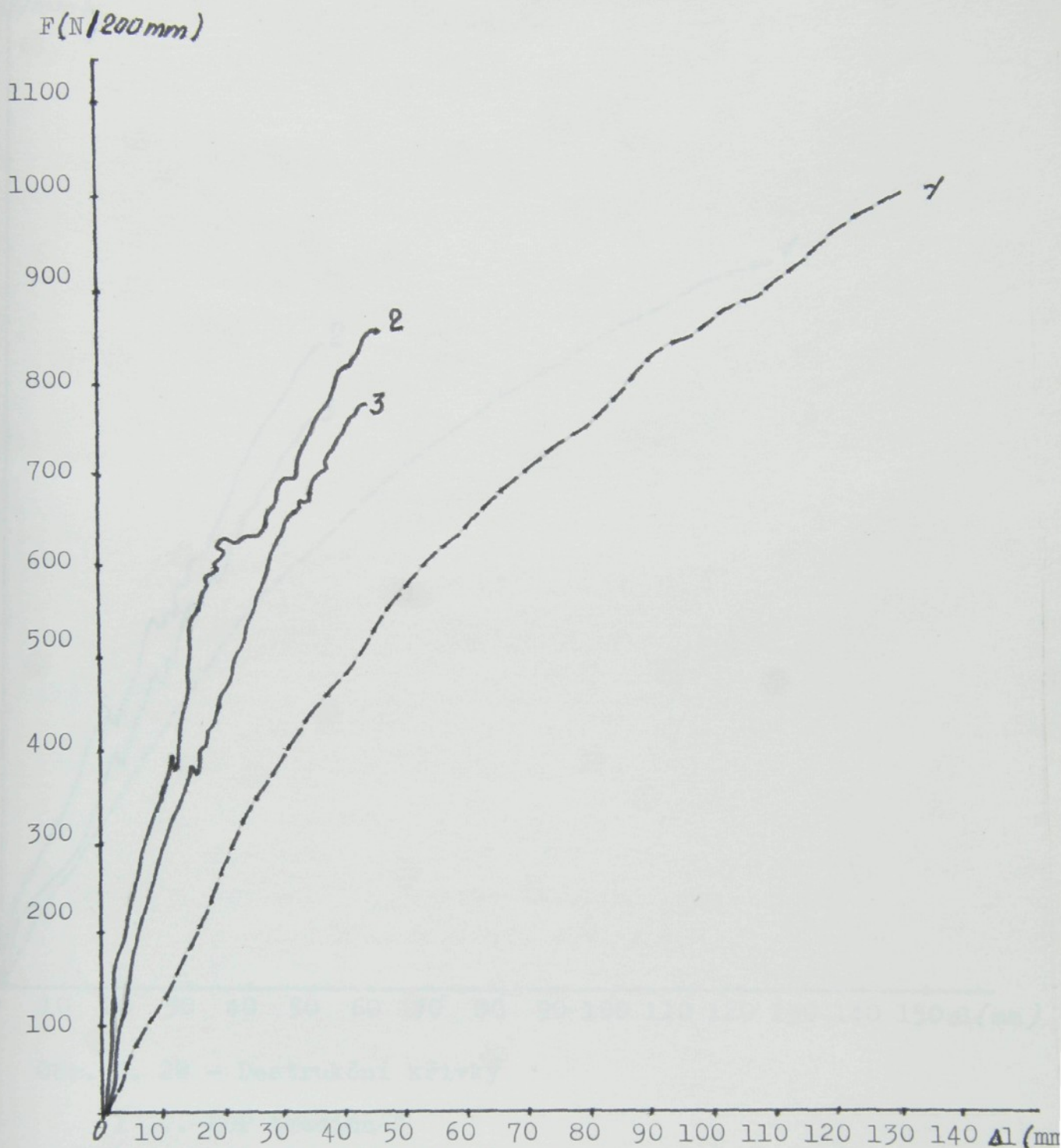
- 1 ... PAD pletenina-S
- 2 ... PAD pletenina-S a POP rouno - T (400 g/m^2) :
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 24$
- 3 ... PAD pletenina-S a POP rouno - T (200 g/m^2) :
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 23,5$



Obr. č. 26 - Destrukční křivky

- 1 ... PAD pletenina - 445
- 2 ... PAD pletenina - 445 a POP rouno - T (200 g/m²):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2$ MPa, $t = 0,75$ sec, $x = 22,5$
- 3 ... PAD pletenina - 445 a POP rouno - T (400 g/m²):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2$ MPa, $t = 0,25$ sec, $x = 24$

Mechanické zkoušky prokázaly, že ultrazvukem pojený vrstevný textilní kompozit s PAD pleteniny a POP rouna má mechanické vlastnosti celkově nižších hodnot, než jsou hodnoty pleteniny, která tvoří jeho součást. Z destrukčních křivek na obrázku č. 24 je patrné, že pouze kombinace 3 dává možnost zachování stejných hodnot mechanických vlastností. Zvláštní postavení má dle naměřených hodnot i kombinace 4 (obr. 24). V tomto případě pevnost svaru činila 93,8 % z celkové pevnosti materiálu. Ostatní kombinace VTK vykazovaly pevnost svaru okolo 30 %.



Obr. č. 27 - Destrukční křivky

1 ... POP tkanina - 0

2 ... POP tkanina - 0 a POP rouno - L (200 g/m^2):

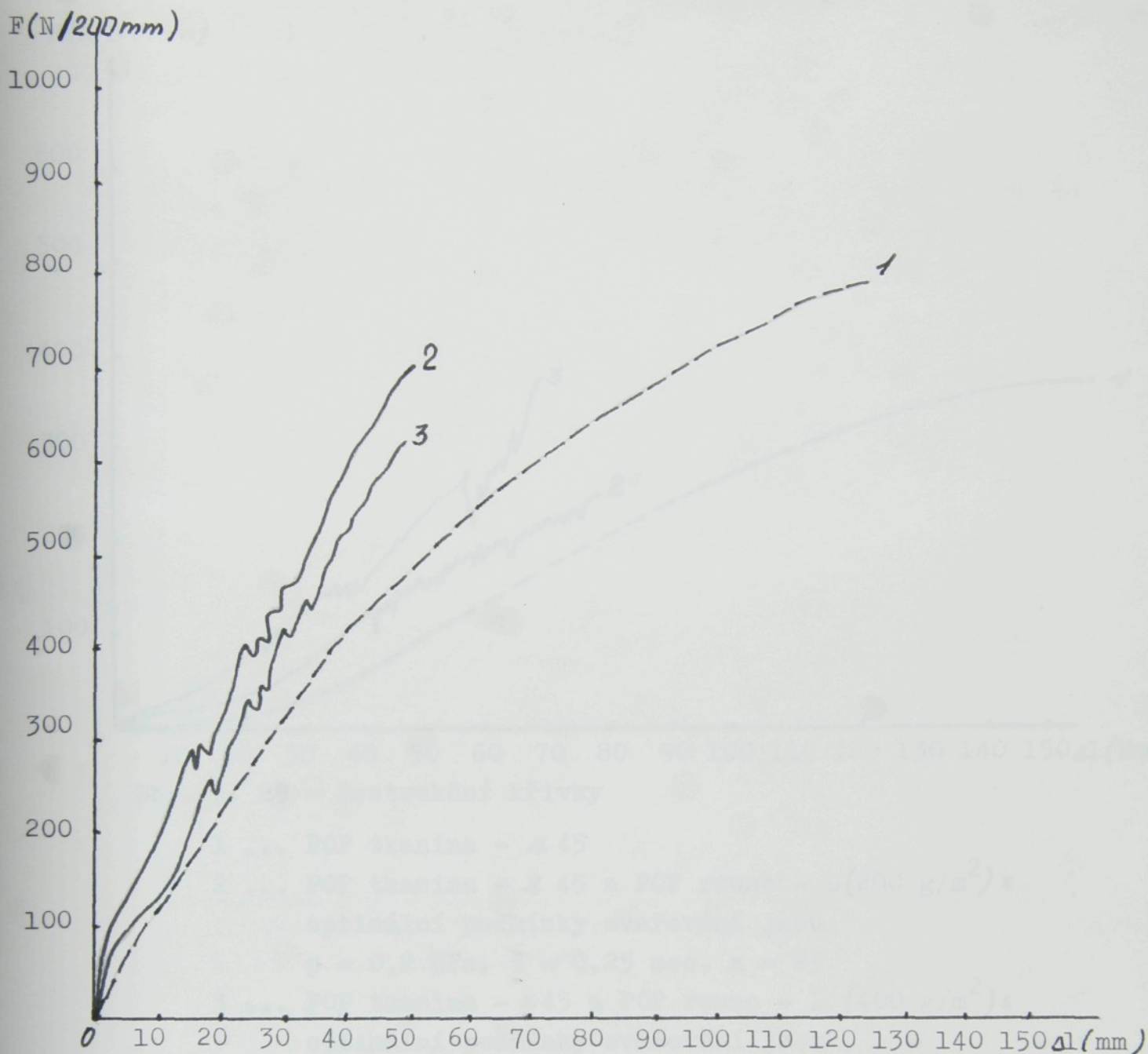
optimální podmínky svařování jsou

$p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 23$

3 ... POP tkanina - 0 a POP rouno - L (400 g/m^2):

optimální podmínky svařování jsou

$p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 1,25 \text{ sec}$, $x = 23$



Obr. č. 28 - Destrukční křivky

1 ... POP tkanina-Ů

2 ... POP tkanina - Ů a POP rouno - L (200 g/m^2):

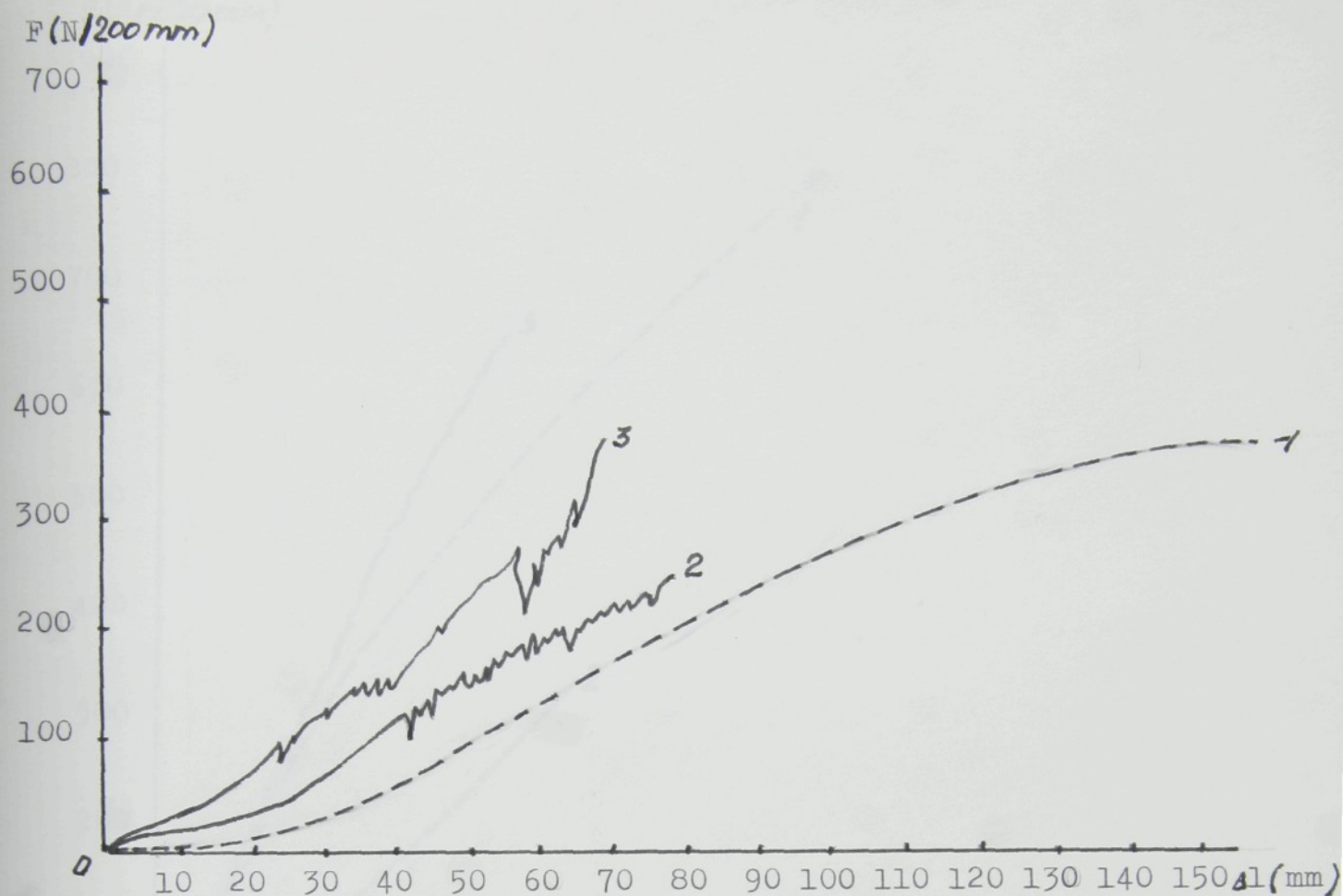
optimální podmínky svařování jsou

$p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 21,5$

3 ... POP tkanina - Ů a POP rouno - L (400 g/m^2):

optimální podmínky svařování jsou

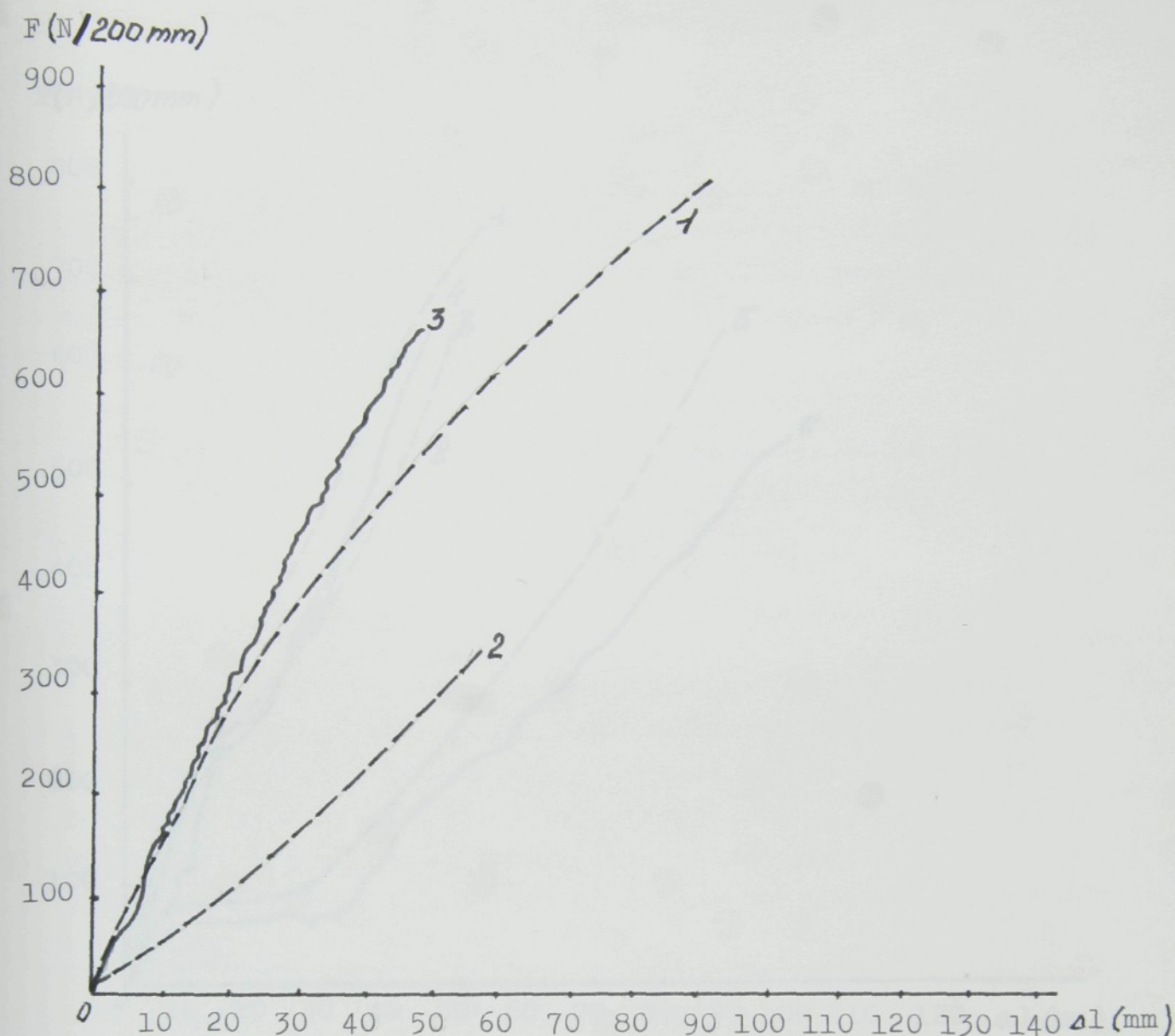
$p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 24$



Obr. č. 29 - Destrukční křivky

- 1 ... POP tkanina - $\times 45$
- 2 ... POP tkanina - $\times 45$ a POP rouno - L (200 g/m^2):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,25 \text{ sec}$, $x = 23$
- 3 ... POP tkanina - $\times 45$ a POP rouno - L (400 g/m^2):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,2 \text{ MPa}$, $t = 0,5 \text{ sec}$, $x = 22,5$

Vyhodnocením poznatků při zkouškách VTK s POP tkaniny a POP rouna lze učinit závěr, že u těchto kompozitů se bez výjimky snižují mechanické vlastnosti kompozitů oproti původní polypropylenové tkanině. Neobjevuje se zde však na křivce žádná prodleva, což vyjadřuje skutečnost, že k porušení svarů docházelo průběžně během celé zkoušky. U tohoto kompozitu byla zjištěna poměrně vysoká pevnost svarů, která mnohdy činila až 53 % z celkové pevnosti kompozitu, a to především v případě, že tkanina byla ve směru $\times 45$ a longitudálně ložené rouno.



Obr. č. 30 - Destrukční křivky

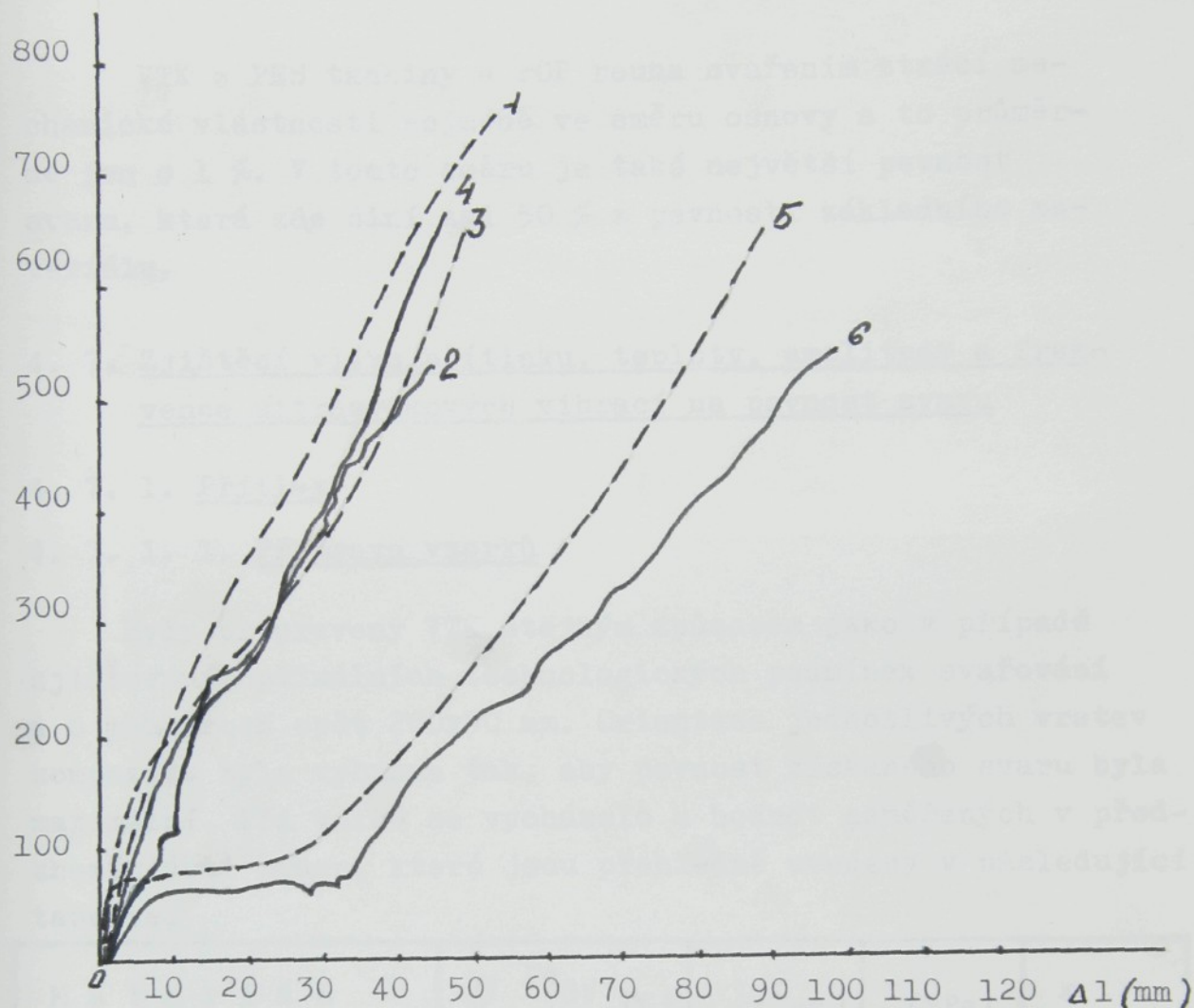
- 1 ... POP tkanina - O
- 2 ... PAD pletenina - S
- 3 ... POP tkanina - O a PAD pletenina - S a POP rouno - L (400 g/m^2):

optimální podmínky svařování jsou

$$p = 0,2 \text{ MPa}, t = 0,5 \text{ sec}, x = 24,5$$

Vyhodnocením výsledků z dynamometru lze učinit závěr, že opět svařením kompozitu došlo k celkovému snížení mechanických vlastností. Pevnost svaru byla velice nízká a činila jen 10 - 20 % z celkové pevnosti kompozitu. Výjimku tvoří VTK s longitudálně loženým rounem, POP tkaninou pod 445 a PAD pleteninou ve směru sloupku. Zde pevnost svaru činila v průměru 46 % z celkové pevnosti.

$F(N/200mm)$



Obr. č. 31 - Destrukční křivky

- 1 ... PES tkanina - Ů
- 2 ... PES tkanina - Ů a POP rouno - L (200 g/m^2):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,26 \text{ MPa}$, $t = 0,75 \text{ sec}$, $x = 21$
- 3 ... PES tkanina - O
- 4 ... PES tkanina - O a POP rouno - L (200 g/m^2):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,26 \text{ MPa}$, $t = 0,75 \text{ sec}$, $x = 21$
- 5 ... PES tkanina - A45
- 6 ... PES tkanina - A45 a POP rouno - L (200 g/m^2):
optimální podmínky svařování jsou
 $p = 0,26 \text{ MPa}$, $t = 0,75 \text{ sec}$, $x = 21,5$

VTK z PES tkaniny a POP rouna svařením ztrácí mechanické vlastnosti nejméně ve směru osnovy a to průměrně jen o 1 %. V tomto směru je také největší pevnost svaru, která zde činí asi 50 % z pevnosti základního materiálu.

4. 7. Zjištění vlivu přítlaču, teploty, amplitudy a frekvence ultrazvukových vibrací na pevnost svaru

4. 7. 1. Přítlak

4. 7. 1. 1. Příprava vzorků

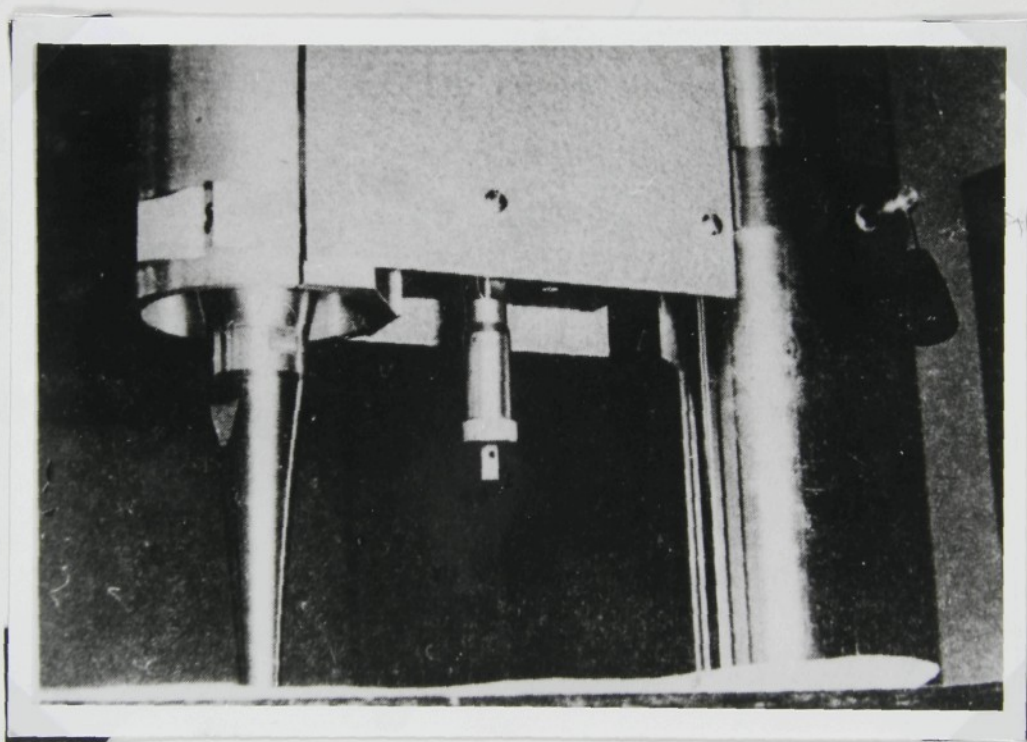
Byly připraveny VTK stejným způsobem jako v případě zjišťování optimálních technologických podmínek svařování a o rozměrech opět 200x50 mm. Orientace jednotlivých vrstev kompozitu byla vybrána tak, aby pevnost získaného svaru byla maximální. Při volbě se vycházelo z hodnot naměřených v předchozí části práce, které jsou přehledně uvedeny v následující tabulce.

M a t e r i á l	P_{eSV} (%)	t (sec)	p (MPa)	x
POP 200 g/m ² - T PAD pletenina - S	93,8	0,5	0,2	23,5
POP 400 g/m ² - T PAD pletenina - S	34	0,5	0,2	24
POP tkanina ₂ - O POP 400 g/m ² - L	50	1,25	0,2	23
POP tkanina ₂ - O POP 200 g/m ² - T	44	0,5	0,2	23
PAD pletenina - S POP tkanina ₂ - 45 POP 400 g/m ² - L	46	0,5	0,2	22,5
POP 200 g/m ² - L PES tkanina - O	49,6	0,75	0,26	21,0

Tab. č. VIII - Vzorky o maximální pevnosti svaru

4. 7. 1. 2. Průběh experimentu

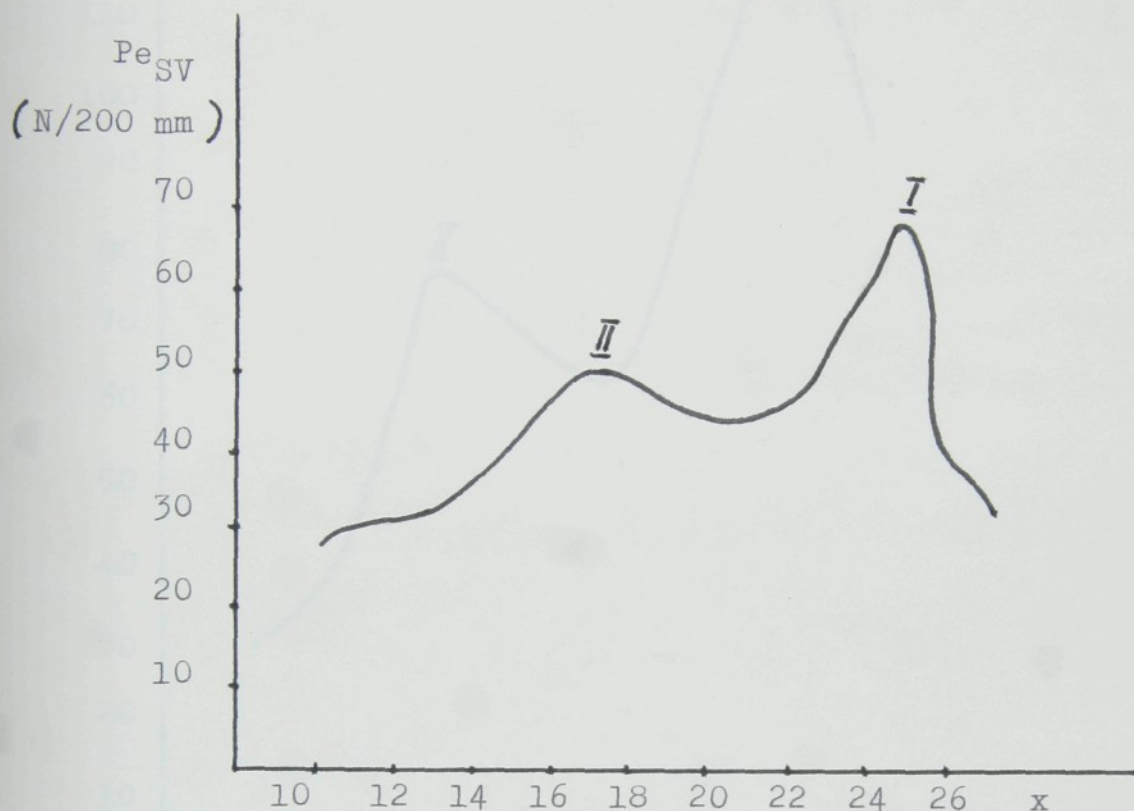
Takto připravené vzorky byly za optimálních podmínek svařoveny nožovým koncentrátozem S 2/20. Pro zjištění vlivu přitlaku byly další vzorky svařeny následujícím způsobem: optimální hodnoty tlaku a času byly zachovány, pouze přítlak nastavený pomocí mikrometrického šroubu (viz obr. č. 32) byl pro každý vzorek zvolen jiný.



Obr. č. 32 - Pohled zespodu na hlavu svářečky s mikrometrickým šroubem

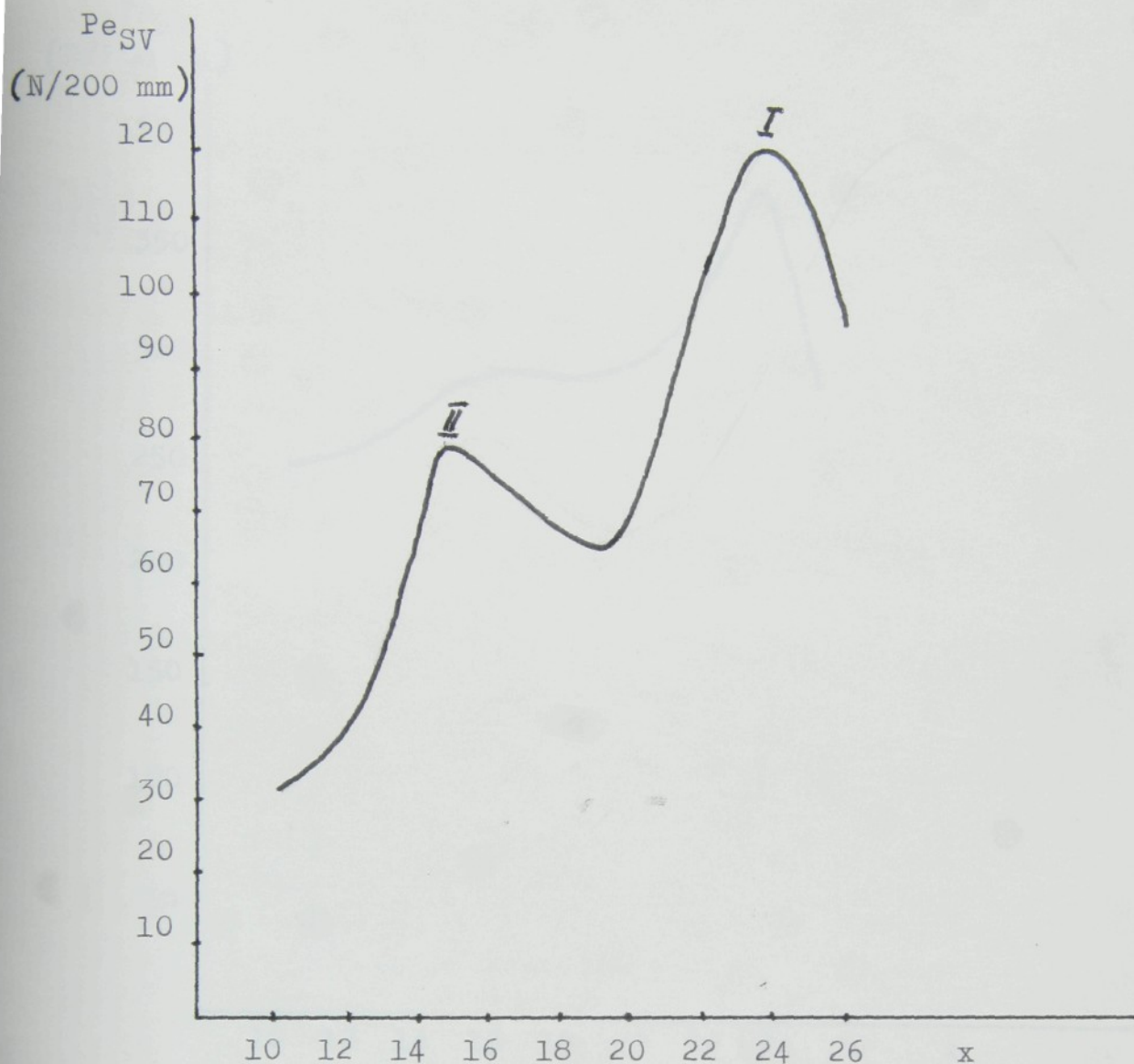
Takto svařené vrstevné textilní kompozity byly mechanicky zkoušeny na dynamometru a na základě získaných údajů vyhotoveny grafické závislosti pevnosti svaru na přitlaku sonotrody. Naměřené hodnoty pevnosti svaru pro příslušné hodnoty přitlaku jsou uvedeny v tabulkách č. VII - XII v příloze práce.

4. 7. 1. 3. Vyhodnocení grafických závislostí



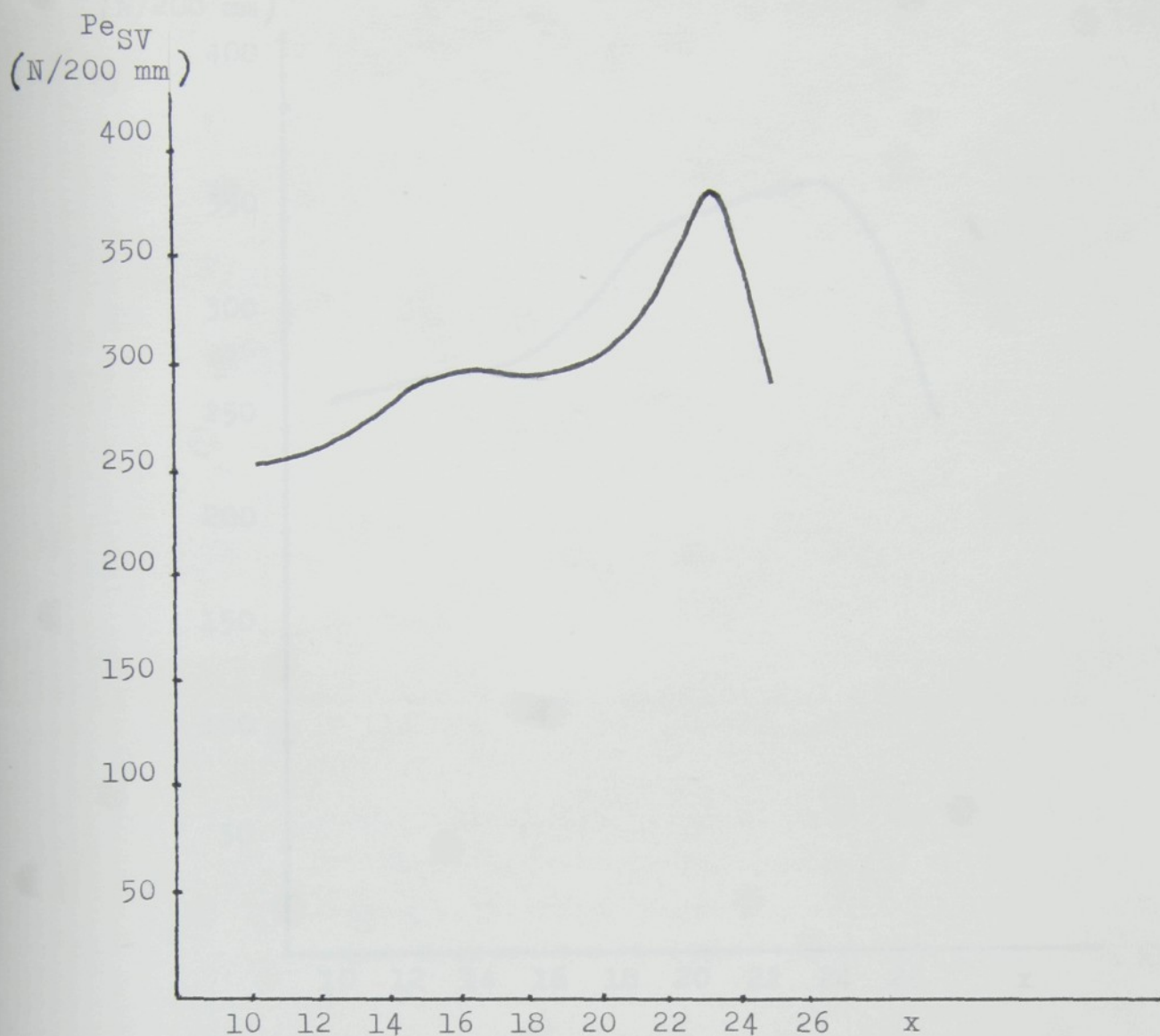
Obr. č. 33 - Graf závislosti pevnosti svaru (Pe_{SV}) na přítlaku (x), který byl vyvozen mikrometrickým šroubem svářečky, u VTK z PAD pleteniny - S a POP rouna - T (400 g/m^2)

Z grafu je patrné, že hodnoty pevnosti vytváří dvě důležité oblasti. Oblast I je zónou maximální pevnosti. Vizuální hodnocení spoje je ale v případě oblasti I negativnější, neboť vlákna jsou značně provařena. Jsou-li tedy nároky na pevnost svaru menší, je vhodné zvolit spíše pro přítlak mikrometrického šroubu hodnoty v oblasti II.



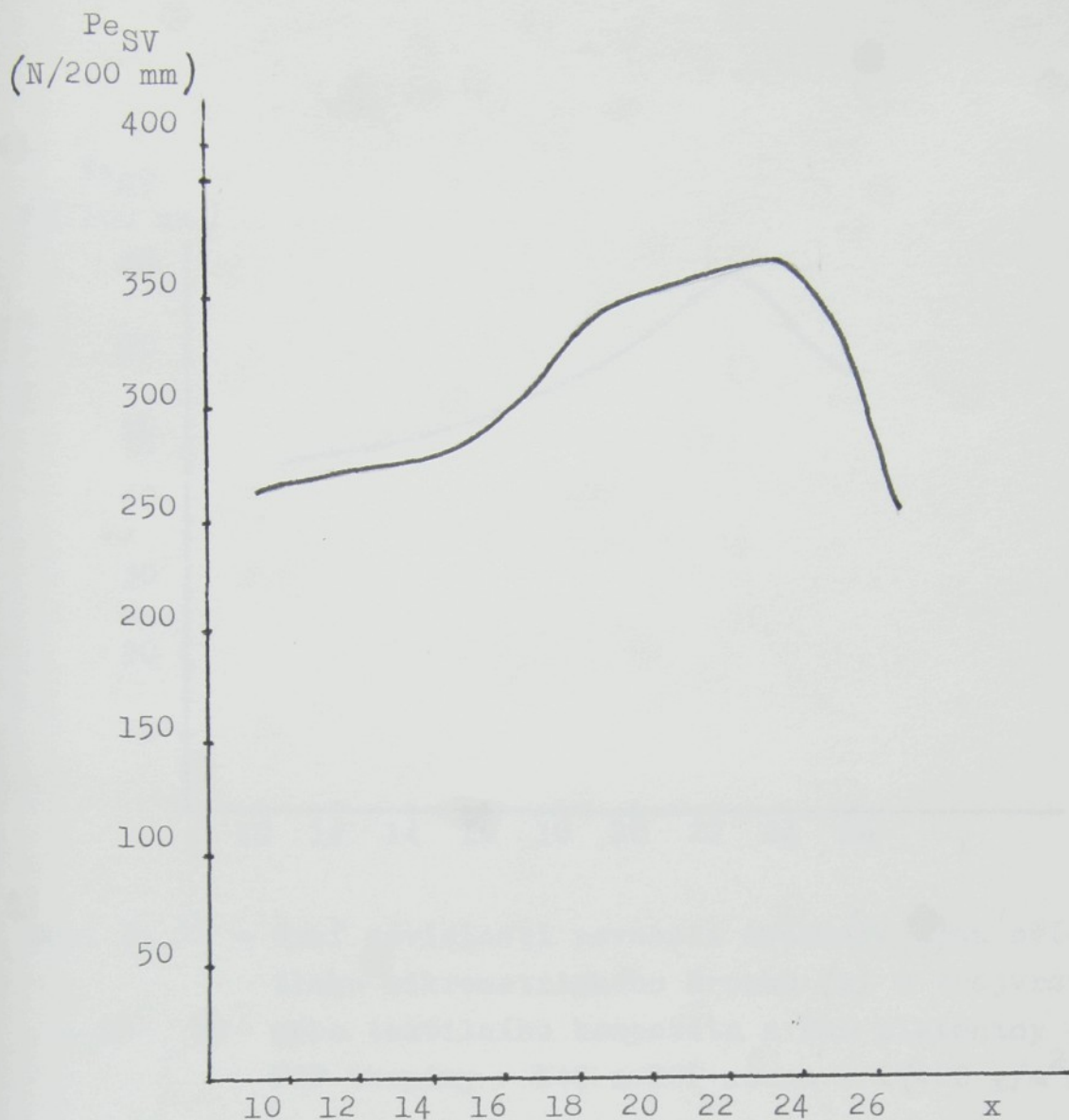
Obr. č. 34 - Graf závislosti pevnosti svaru (Pe_{SV}) na přítlaku (x), který byl vyvozen mikrometrickým šroubem svářečky, u VTK z PAD pleteniny - S a POP rouna - T (200 g/m^2)

Z grafu je patrné, že vrstevný textilní kompozit z uvedených materiálů má hodnoty pevnosti svaru uspořádané opět do dvou oblastí, které mají stejné vlastnosti jako u předchozího případu. I. oblast sice vykazuje vyšší pevnost, ale vizuální hodnocení je lepší u oblasti II.



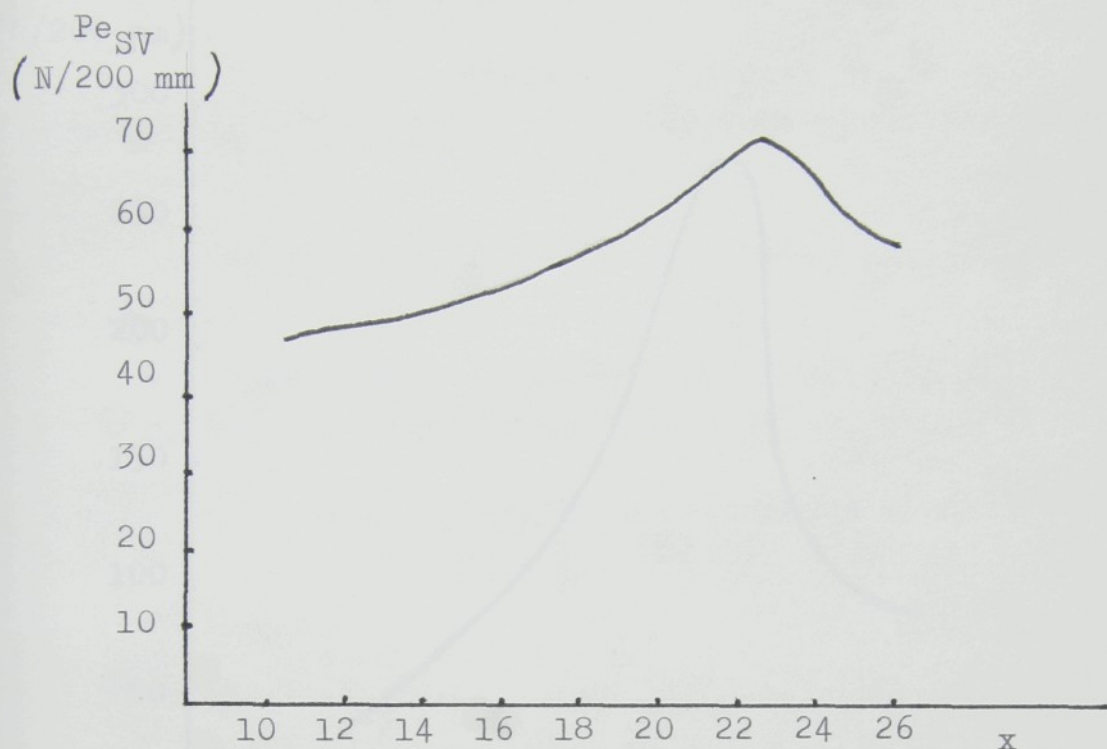
Obr. č. 35 - Graf závislosti pevnosti svaru (Pe_{SV}) na přítlaku mikrometrického šroubu (x) u VTK z POP tkaniny - O a POP rouna - L (400 g/m^2)

V tomto případě pevnost svaru jednoznačně vzroste v oblasti optimálního přítlaku při svařování. Poklesem přítlaku hodnoty pevnosti svaru stagnují v oblasti okolo 300 N/200 mm a další pokles přítlaku již způsobí jen jejich následující klesání.



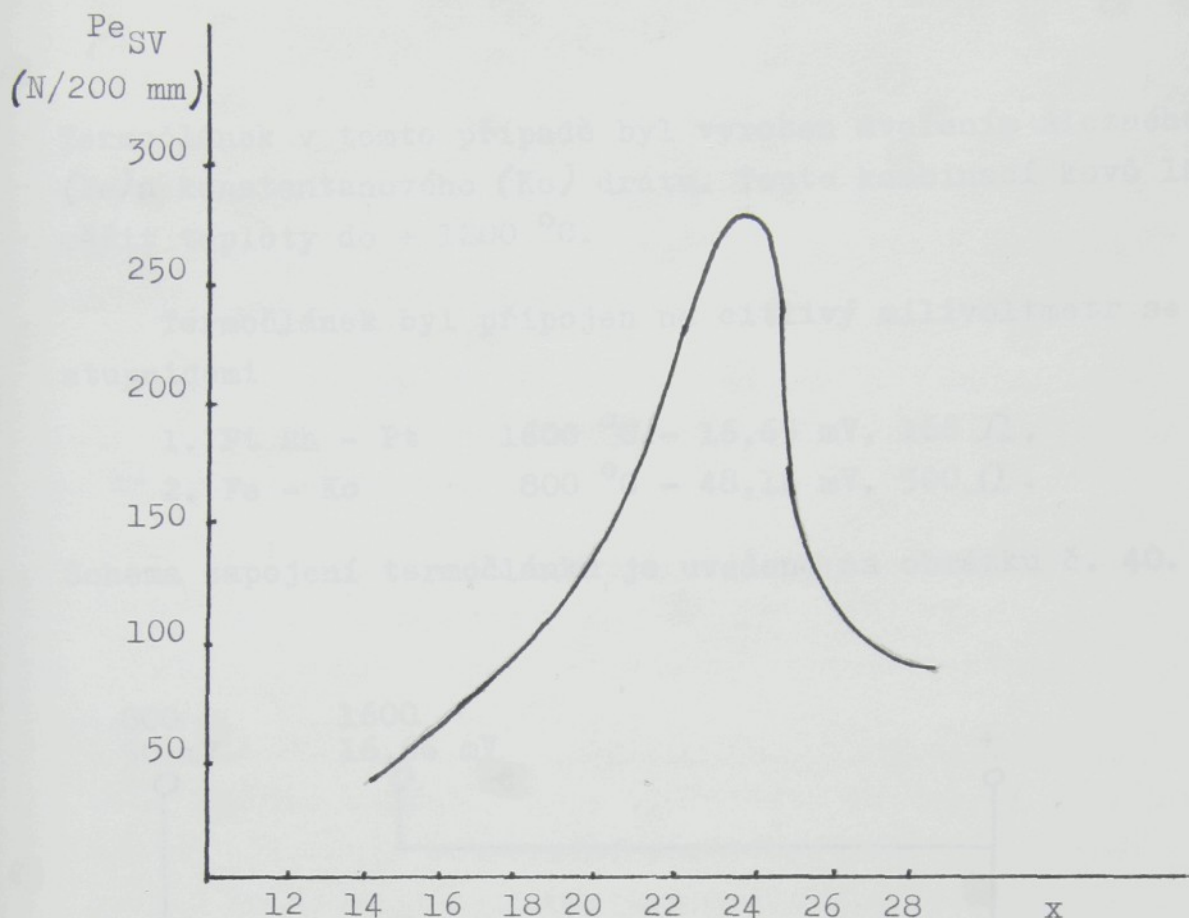
Obr. č. 36 - Graf závislosti pevnosti svaru (Pe_{SV}) na přítla-
ku mikrometrického šroubu (x) u VTK z POP tka-
niny - O, POP rouna - T (200 g/m^2)

V tomto případě pevnost svaru za optimálních podmínek svařování se neliší tak ostře od pevnosti svaru při nižších hodnotách přítla-ku a lze tedy dosáhnout lepšího vzhledu sva-ru, aniž bychom ztratily žádanou pevnost svaru. Tato zásada však platí v intervalu $x = 18 \div x = 23$. Za hranicemi inter-valu již nastává prudký pokles pevnosti svaru.



Obr. č. 37 - Graf závislosti pevnosti svaru (Pe_{SV}) na přítlaku mikrometrického šroubu (x) u trojvrstvého textilního kompozitu z PAD pleteniny - S, POP tkaniny - 445 a POP rouna - L (400 g/m^2)

Na obrázku je zřetelně vidět, že pevnost svaru má mírný průběh, pouze v oblasti optimálního přítlaku dochází k prudšímu vzrůstu hodnoty pevnosti, která ale hned vzápětí dosti prudce klesá.



Obr. č. 38 - Graf závislosti pevnosti svaru (Pe_{SV}) na přítlaku mikrometrického šroubu (x) u VTK z PES tkaniny - O a POP rouna - L (200 g/m^2)

Průběh grafické závislosti zřetelně naznačuje oblast optimálního přítlaku. Interval tohoto přítlaku, který poskytuje maximální pevnost svaru, je velice úzký, za jeho hranicemi pevnost svaru prudce klesá.

4. 7. 2. Teplota

4.7.2.1. Použitý měřicí přístroj

Pro měření teplot v oboru od $-200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+2000 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se používá termoelektrických snímačů čili termočlánků.

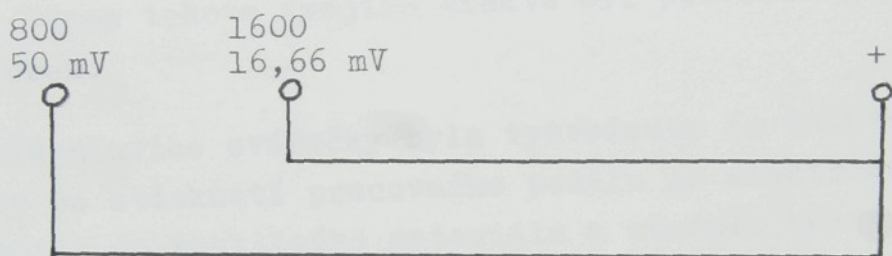
Termočlánek se skládá ze dvou vodičů, jejichž konce jsou spájeny, nebo svařeny. Zahřívá-li se spoj vodičů, vzniká mezi nimi potenciálový rozdíl, z jehož velikosti můžeme usuzovat na teplotu, které byl spoj vystaven.

Termočlánek v tomto případě byl vyroben svařením železného (Fe) a konstantanového (Ko) drátu. Touto kombinací kovů lze měřit teploty do $+ 1200^{\circ}\text{C}$.

Termočlánek byl připojen na citlivý milivoltmetr se stupnicemi

1. Pt Rh - Pt $1600^{\circ}\text{C} - 16,65 \text{ mV}, 166 \Omega,$
2. Fe - Ko $800^{\circ}\text{C} - 48,16 \text{ mV}, 500 \Omega.$

Schema zapojení termočlánu je uvedeno na obrázku č. 40.



Obr. č. 39 - Schema zapojení termočlánu

4. 7. 2. 2. Průběh měření a vyhodnocení

Svařený spoj Fe a Ko drátu byl mechanicky pomocí lepičí pásky upevněn ze strany na sonotrodu tak, aby byl co nejblíže pracovní části nástroje. Termočlánek tak zachycoval vlastně teplotu sonotrody na kterou se ohřívala během pracovní činnosti svářečky.

Hodnoty teploty naměřené během sváření pro jednotlivé kombinace zkoušených textilních materiálů jsou zaznamenány v tabulkách č. VII - XII v příloze práce. V tabulkách je dále uváděn čistý čas pracovního chodu svářečky (t) a dále dvě teploty a to teplota T_1 , což je teplota naměřená v okamžiku stisknutí ovládacího pedálu svářečky - tedy

teplota nástroje v pracovní fázi. Teplota T_2 je teplota v mimopracovní fázi, to jest v okamžiku, kdy sonotroda není přitisknuta na textilní materiál.

Během experimentu bylo zjištěno, že při měření teploty nástroje citlivý milivoltmetr zaznamenává údaj, který je dán dvojím efektem:

1. ohřevem sonotrody absorpcí tepla ze svářečí zóny,
2. kmitáním sonotrody.

Důkaz tohoto dvojího efektu byl proveden následujícím způsobem:

- celá hlavice svářečky byla vyzvednuta do takové výše, aby po stisknutí pracovního pedálu se sonotroda neza-bořila do textilního materiálu a zůstala kmitat ve vol-ném prostoru. Tím, že ultrazvukovému vlnění byla z cesty odstraněna kolmá překážka, bylo zamezeno přeměně zvukové energie na tepelnou. Přesto milivoltmetr zaznamenal tep-lotu v rozmezí 60 - 80 °C. To je důkazem vlivu kmitajícího účinku na měření teploty.

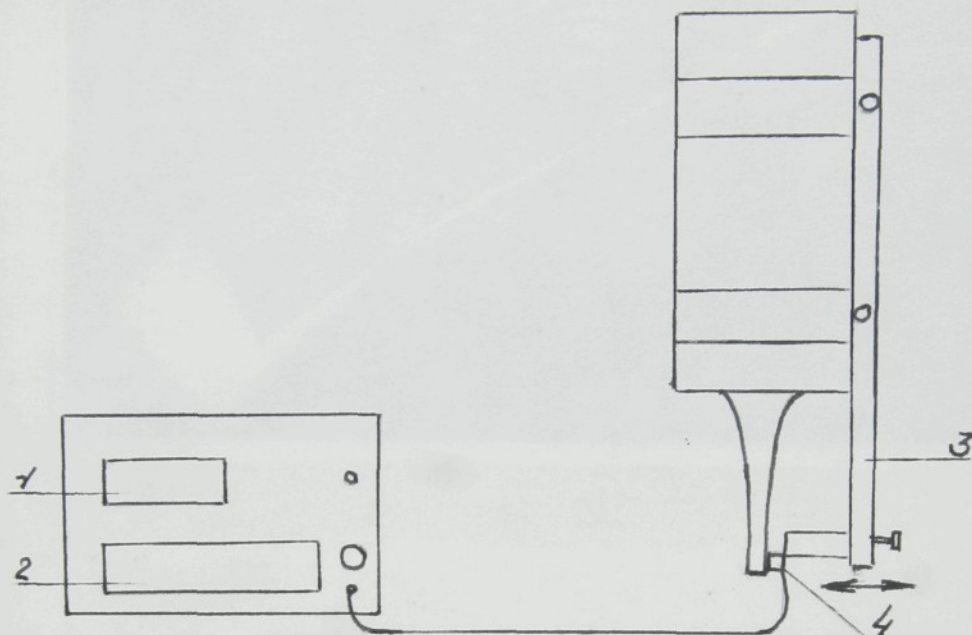
Na základě pozorování lze říci, že asi po hodině nepřetržitého pracovního chodu svářečky se teplota T_1 ustavuje na 70 - 80 °C a T_2 na 45 - 50 °C.

4.7.3. Amplituda a frekvence

4.7.3.1. Použitý měřicí přístroj

Pro potřeby měření amplitudy a frekvence byl speci-el-ně zkonstruován digitální čítač, který zaznamenával hodnoty frekvence v kHz a hodnoty relativní amplitudy, které odpo-vídaly napětí v milivoltech. Tento měřicí přístroj byl prostřednictvím opět specielně zkonstruovaného držáku na-pojen na elektrodynamickou přenosku. Ta se svým diamantovým

hrotem dotýkala sonotrody a tím zajišťovala snímání
žádaných veličin. Schema zapojení je na obrázku č. 41.



Obr. č. 40 - Schema měření amplitudy a frekvence

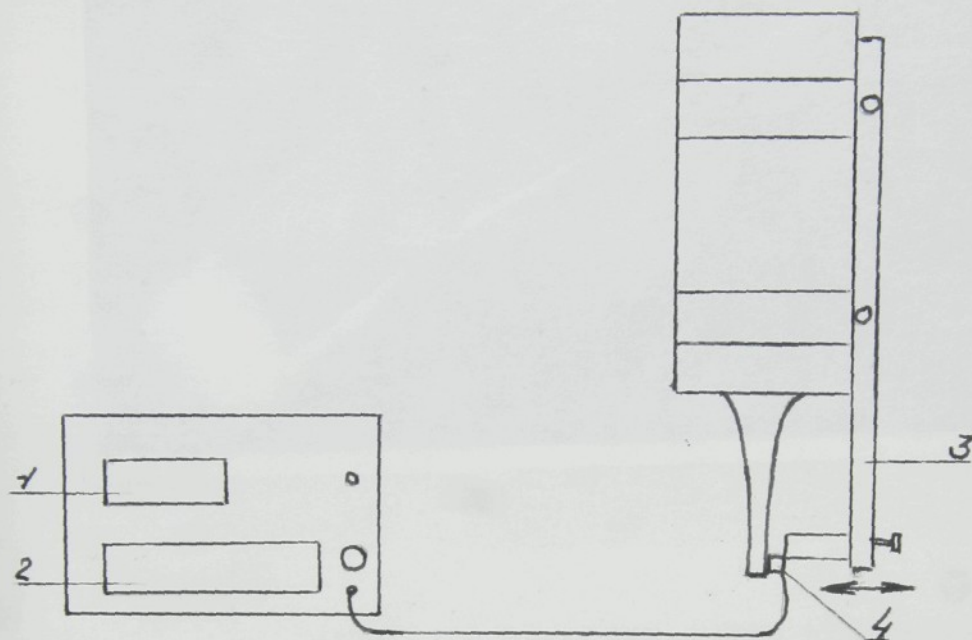
- 1 ... display pro záznam amplitudy
- 2 ... display pro záznam frekvence
- 3 ... speciální držák
- 4 ... elektrodynamická přenoska

4. 7. 3. 2. Průběh měření a vyhodnocení

Byly vytvořeny vzorky vrstevných textilních kompozitů dle tabulky číslo VIII, svařovány za zjištěných optimálních podmínek a během svařování byly měřeny pomocí digitálního čítače hodnoty amplitudy a frekvence.

Na následujících obrázcích jsou ukázky svařených vzorků.

hrotem dotýkala sonotrody a tím zajišťovala snímání
žádaných veličin. Schema zapojení je na obrázku č. 41.



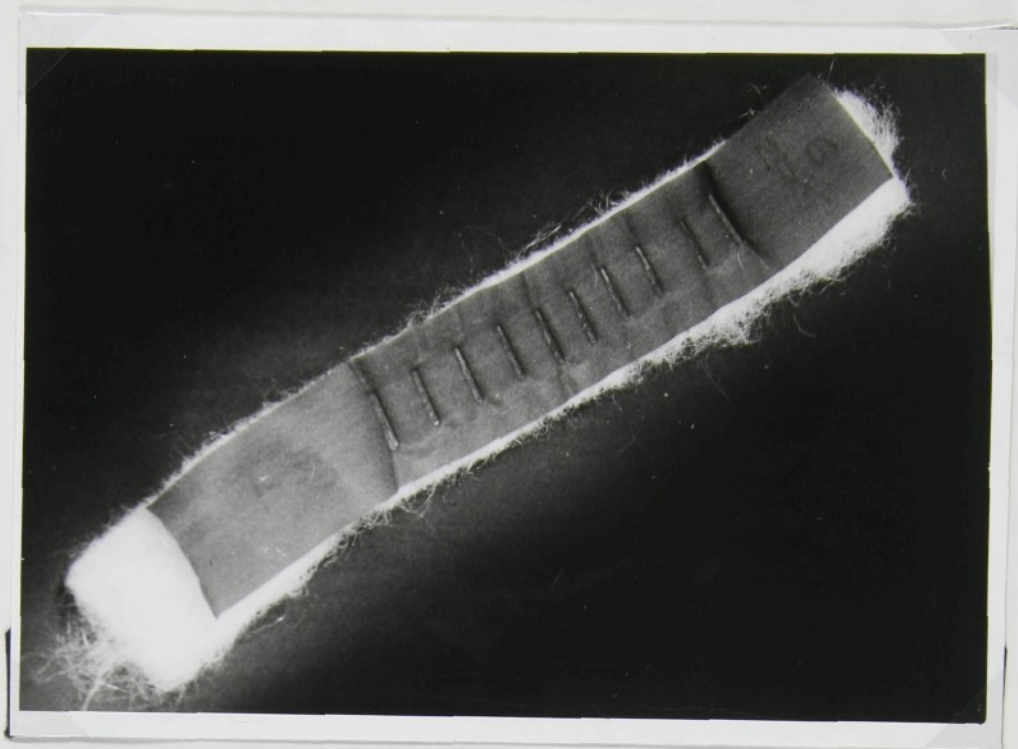
Obr. č. 40 - Schema měření amplitudy a frekvence

- 1 ... display pro záznam amplitudy
- 2 ... display pro záznam frekvence
- 3 ... speciální držák
- 4 ... elektrodynamická přenoska

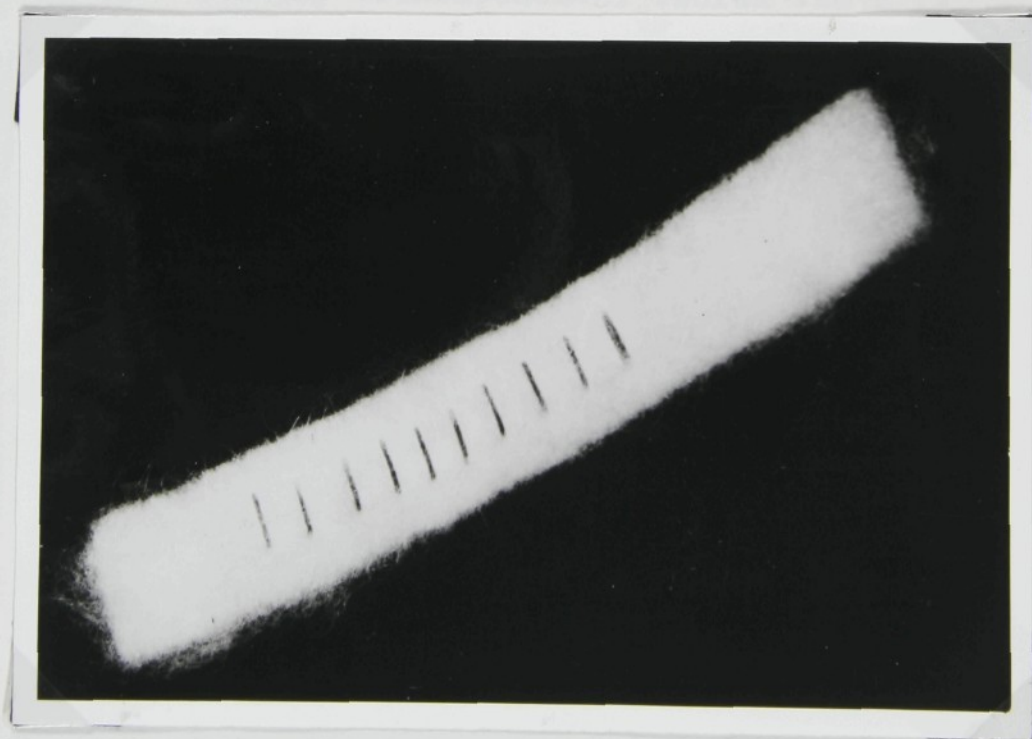
4. 7. 3. 2. Průběh měření a vyhodnocení

Byly vytvořeny vzorky vrstevných textilních kompo-
zitů dle tabulky číslo VIII, svařovány za zjištěných
optimálních podmínek a během svařování byly měřeny pomocí
digitálního čítače hodnoty amplitudy a frekvence.

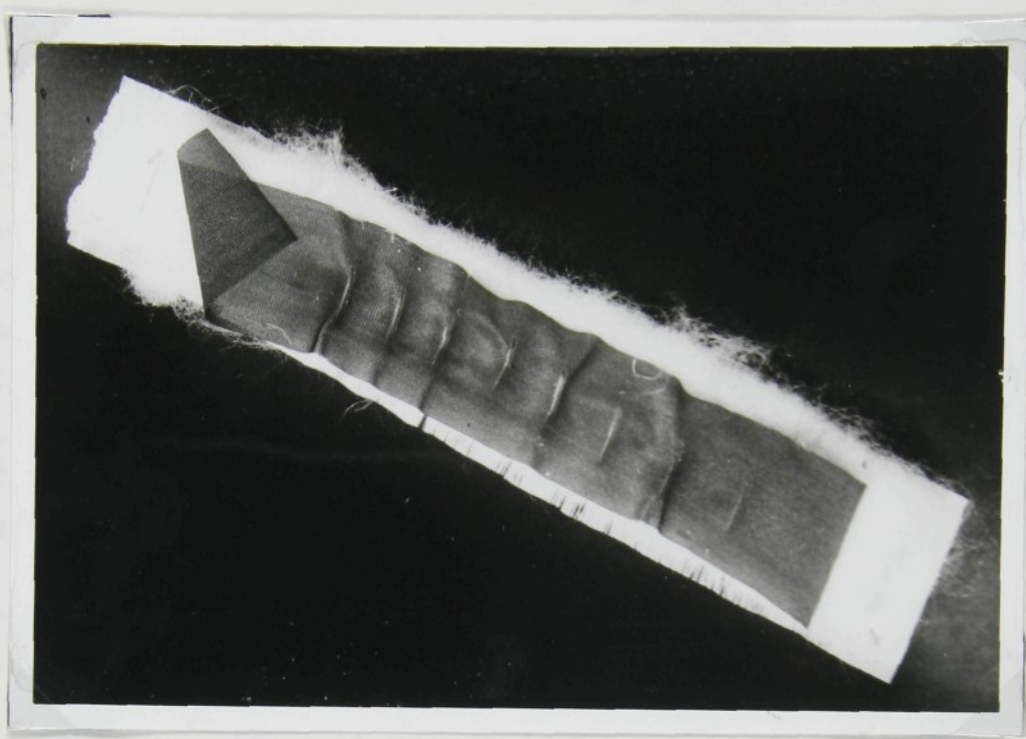
Na následujících obrázcích jsou ukázky svařených vzor-
ků.



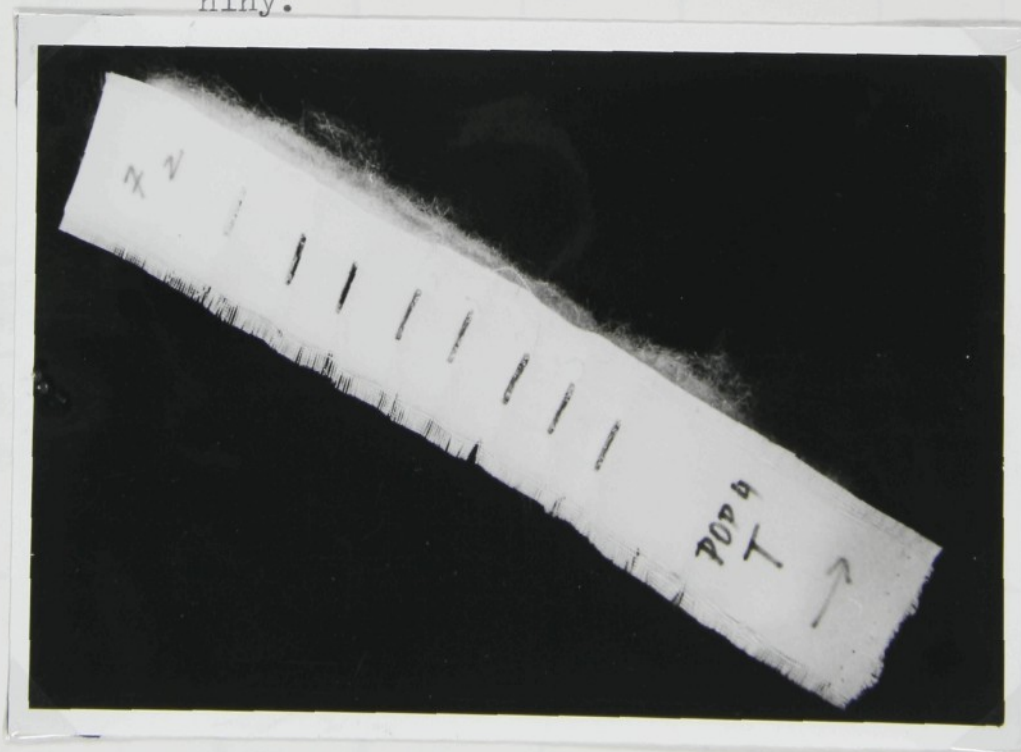
Obr. č. 41 - Svařený vzorek VTK z PAD pleteniny a POP rouna. Pohled ze strany pleteniny.



Obr. č. 42 - Svařený vzorek VTK z PAD pleteniny a POP rouna. Pohled ze strany rouna



Obr. č. 43 - Svařený tříkomponentní vzorek VTK z PAD pleteniny, POP rouna a POP tkaniny. Pohled ze strany pleteniny.



Obr. č. 44 - Svařený tříkomponentní vzorek VTK z PAD pleteniny, POP rouna a POP tkaniny. Pohled ze strany tkaniny.

Velikost amplitudy i frekvence je dána výkonem ultrazvukového zdroje, tvarem a rozměry přenosových článků. Protože v omezených laboratorních podmínkách nebylo možné vyměnit generátor ultrazvukových kmitů, byla jsem nucena omezit úkol na změření hodnot zkoumaných veličin pro příslušné varianty vzorků. Výsledky měření jsou zaneseny v následujících tabulkách.

Číslo vzorku	M a t e r i á l					
	PES tkanina a POP rouno 200 g/m ²		PAD pletenina POP rouno 200 g/m ²		PAD tkanina POP rouno 400 g/m ²	
	A	f (kHz)	A	f (kHz)	A	f (kHz)
1	38	20	38	20	53	20
2	53	20	38	18	38	19
3	47	20	41	20	38	20
4	30	19	39	18	42	17
5	47	17	35	18	41	20
6	36	20	40	19	38	20
7	39	20	50	17	33	20
8	38	20	35	16	39	20
9	32	20	40	20	48	20
10	37	19	39	20	49	19
Aritmetický průměr	39,7	19,5	39,5	19,6	42	19,5

Číslo vzorku	M a t e r i á l					
	PAD pletenina POP tkanina POP rouno 400 g/m ²		POP tkanina POP rouno 400 g/m ²		POP tkanina POP rouno 200 g/m ²	
	A	f (kHz)	A	f (kHz)	A	f (kHz)
1	80	17	90	10	52	19
2	82	18	93	11	60	14
3	92	12	91	10	60	13
4	87	13	92	11	68	13

Číslo vzorku	M a t e r i á l					
	PAD pletenina POP tkanina POP rouno 400 g/m ²		POP tkanina POP rouno 400 g/m ²		POP tkanina POP rouno 200 g/m ²	
	A	f kHz	A	f kHz	A	f kHz
5	90	16	93	11	92	18
6	98	13	89	10	48	15
7	82	12	88	11	53	19
8	78	13	83	10	62	16
9	83	17	82	10	55	17
10	95	17	92	11	38	17
Aritmetický průměr	86,7	14,8	89,4	10,5	58,8	16,1

Tabulka č. IX - Hodnoty amplitudy a frekvence

kde A ... amplituda (hodnoty relativní amplitudy, které odpovídají napětí v milivoltech)

f ... frekvence v kHz

Z naměřených hodnot amplitudy a frekvence lze pozorovat určitou vazbu. S růstem amplitudy klesá frekvence ultrazvukových vibrací a naopak.

5. APLIKACE PRO PRAKTICKÉ VYUŽITÍ A EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

5.1. Praktické využití

Jak bylo řečeno v teoretických kapitolách práce, materiál vhodný pro tento způsob spojování musí obsahovat alespoň 60 % syntetických vláken. Tento fakt přináší s sebou určité výhody. Tedy předně tato vlákna nejsou navlhavá. Vlhkost, je-li tím míněno krátkodobé působení - například prání, déšť - takřka neproniká do struktury vláken, ulpívá na povrchu. Totéž platí i pro mechanické nečistoty. Z toho vyplývá snadná údržba výrobků ze syntetických vláken.

Navíc polyamidová vlákna jsou vysoce odolná proti účinkům vnějšího klimatu a ultrafialového záření. Polypropylén je odolný proti kyselinám, narušují ho jen chlorované uhlovodíky. Přidají-li se při zvláknění fotostabilizátory, získá odolnost i proti ultrafialovému záření.

Dále tyto VTK mají vynikající tepelně-izolační schopnosti, o čemž svědčí diplomové práce z předchozích let /18/.

Proto je možné v oděvnictví využít VTK jako tepelně-izolační vložky například pro bytové účely - matrace, polštářky, prošívané přikrývky - dále i v oblasti sportu jako vložky do spacích pytlů, či oteplovacích vest.

V tomto konkrétním případě, kdy byl zkoušen POP jako základní část VTK, který má výhodné vlastnosti pro odvod potu a vlhkosti, lze ultrazvukem pojený textilní kompozit využít jako hygienické vložky do lůžek ve zdravotnictví (zvláště pro pacienty s omezenou pohyblivostí), či do kočárků a dětských postýlek.

5.2. Ekonomické zhodnocení

Nutnost 60ti%ního podílu termoplastických vláken má i ekonomický dopad. V současné době, stížená nedostatkem přírodních materiálů, má výrobu textilie s žádanými fyziologickými vlastnostmi s umělých materiálů být i hospodářsky efektivní.

Ekonomický přínos má také nepřítomnost pojícího materiálu. Přesná spotřeba nitě má význam pro kalkulaci a pro skladové hospodářství. V následující tabulce je pro názornost uvedena spotřeba nitě - vrchní i spodní - v metrech na 1 metr délky šitého spoje /13/.

S t e h	číslo	Spotřeba na 1 m (m)
vázaný cik-cak šíře 5 mm	304	5,30
vázaný	301	2,80
jednonitný řetízkový	101	3,80
dvounitný řetízkový	401	4,80
dvounitný řetízkový cik-cak šíře 5 mm	404	9,70

Tabulka č. X. - Spotřeba nitě

Navíc ať se šije jakkoliv jemnou nití, příze vedle nitě se musí rozhrnout, což vede k tvorbě vrásnění a k napětí. Je možné uvést celou řadu dalších výhod sváření ultrazvukem. K nejvýznamnějším patří:

- pracovník nepotřebuje zvláštní kvalifikaci, kvalita švu je stejná i u nových nezpracovaných pracovníků. To znamená zkrácení doby zpracování a tedy další ekonomický přínos,

- kvalita práce je rovnoměrná,
- obvykle je kvalita ultrazvukových procesů vyšší, časy cyklů jsou velmi krátké,
- údržba strojů je jednoduchá, ztrátové časy jsou malé, všechny pohyby jsou rotační nebo zdvihové.

Nevýhodou však zůstává nerozebíratelnost spoje a tedy i nemožnost opravy výrobku. Je možné však namítnout, že mnohdy i při šití u některých materiálů vypáraný šev zanechává neopravitelné stopy.

6. ZÁVĚR

V úvodní části této práce byly shrnuty poznatky o nové progresivní metodě spojování oděvních materiálů ultrazvukem.

Druhá část práce obsahuje vlastní řešení zadané problematiky, tedy vlivu amplitudy, frekvence, přitlaku a teploty na pevnost svaru. Za tímto účelem byly zjištěny optimální podmínky svařování pro zkoušený materiál. Při ověřování na dynamometru bylo sledováno hledisko pevnosti svaru. Současný trend požaduje, aby pevnost svaru se co nejvýše blížila pevnosti základního materiálu. Na vybraných kombinacích textilních materiálů a technologických podmínek pojení, které zmíněné hledisko respektovaly, bylo provedeno vlastní řešení úkolu.

V důsledku omezených laboratorních podmínek, jak bylo zdůvodněno v textu práce, byla amplituda, frekvence a teplota změřena pro příslušné optimální podmínky svařování. Při měření teploty navrhuji používat plášťový termočlánek, který by se místo na boční část koncentrátoru upevňoval přímo na jeho pracovní čelo, čímž by se bezprostředně získávala hodnota teploty v místě pojení.

Závěrečná část práce obsahuje návrh pro praktické využití oblasti oděvní výroby a ekonomické vyhodnocení tohoto způsobu spojování plošných textilií a to z různých hledisek.

Na závěr lze říci, že i když zatím není vhodné zhotovit kompletní oděv ultrazvukovým svářením, může být tato metoda účelná pro zhotovování určitých částí a to se zřejmými výhodami, jak je uvedeno v partii ekonomického zhodnocení. A je-li pečlivě připravena výroba, pak se musí uskutečňovat bez tápání a oprav a vést tak k naplánovanému cíli.

Yadavilov' Jirastn

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- /1/ ŘÍDKA, V.
POSPÍŠIL, L. - Sváření syntetických tkanin
ultrazvukem
Textil, 12/1983
- /2/ TARABA, O. - Elektronická měření v průmyslu
Praha 1962, Práce
- /3/ SODOMKA, L. - Nové typy vrstevných textilních
kompozitů
Sborník prací VŠST v Liberci,
1983
- /4/ NAVRÁTIL, M. - Měření mechanického kmitání.
Úvod do teorie snímačů
Praha 1981, SNTL
- /5/ TARABA, O. - Co dovede ultrazvuk
Praha 1958, Práce
- /6/ US Patent - Přístroj na vibrační svařování
materiálů
4.146.416 z 27. března 1979
- /7/ US Patent - Zařízení na výrobu objemované
textilie
3.736.209 z 29. května 1973
- /8/ US Patent - Ultrazvukové spojování netkané
textilie
3.879.256 z 22. dubna 1975
- /9/ US Patent - Metoda spojování vrstvených
textilií
4.259.399 z 31. března 1981
- /10/ ŠPAČEK, K. - Co nového v technologii ultra-
zvukového spojování
Konfekce, svazek 3-4/1982
- /11/ HLAVÁČ, A.
RUMANOVSKÝ, M. - Jak dál s ultrazvukem
Konfekce, svazek 1-2/1983
- /12/ VOLKOV, S.S.
NIKOLAJEV, G.A. - Sváření syntetických tkanin
ultrazvukem
Konfekce, svazek 3-4/1977
- /13/ ACKERMANN -(firma)
(NSR) - Consomation de fil a coudre
(Spotřeba nitě)
Vetir, svazek 1-2/1980

- | | |
|--|---|
| /14/ KRJUČKOV, N.V.
KLETKIN, I.D.
DEULIN, B.L. | - Ultrazvukový šicí stroj BŠM - 1
Švejnaža promyšlenost - 4/1976 |
| /15/ RUMANOVSKÝ, M.
HYKŠ, K. | - Kontinuální ultrazvuková svářečka
UZK - 600 T
Literatura ÚMOV - Trenčín |
| /16/ DUGAS, G. | - La soudure par ultra-sons
(Sváření ultrazvukem)
Vetir, svazek 10/1974 |
| /17/ PETROVSKÝ, J.
ZEMAN, J. | - Pojení netkaných textilií
ultrazvukem a lasserem
Textil 37 - 2/1982 |
| /18/ SODOMKOVÁ, E. | - DP - 1983, VŠST Liberec |
| /19/ TYLÍNEK, P. | - DP - 1983, VŠST Liberec |
| /20/ POCHODĚNKO, E. | - DP - 1982, VŠST Liberec |
| /21/ OMACHELOVÁ, B. | - DP - 1982, VŠST Liberec |
| /22/ CIPOVÁ, H. | - DP - 1982, VŠST Liberec |

Na závěr bych chtěla tímto způsobem poděkovat
s. RNDr Lubomíru Sodomkovi, CSc. za odborné vedení
diplomové práce, dále s. Elišce Hanzlové za pomoc
při řešení organizační otázky.

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

č. I - VTK je vytvořen z POP rouna 400 g/m² a PAD pleteniny

Číslo vzorku	L - Ř					L - 445				
	Pe	Δl		Pe _{SV}		Pe	Δl		Pe _{SV}	
	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(mm)	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(mm)	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(%)
1	284	58	29,-	120	42,3	345	100	50,-	50	14,5
2	304	73	36,5	80	26,3	295	105	52,5	70	23,7
3	295	59	29,5	70	23,7	339	95	47,5	50	14,7
4	299	65	32,5	100	33,4	309	98	49,-	60	18,9
5	290	62	31,-	90	31,03	318	102	51,-	60	18,9
Aritm.prům.	295	63	31,5	92	31,2	321	100	50	58	18,1
Číslo vzorku	L - S					T - Ř				
	Pe	Δl		Pe _{SV}		Pe	Δl		Pe _{SV}	
	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(mm)	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(mm)	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(%)
1	194	58	29,-	72	37,1	306	77	38,5	70	22,9
2	202	55	27,5	70	34,7	340	75	37,5	60	17,6
3	199	95	47,5	75	37,7	335	67	33,5	70	20,9
4	200	62	31	70	35	329	77	38,5	80	24,3
5	191	57	28,5	60	31,4	345	74	37,-	50	14,5
Aritm.průměr	197	58	29,-	69,4	35,2	331	74	37,-	66	19,9
Číslo vzorku	T - 445					T - S				
	Pe	Δl		Pe _{SV}		Pe	Δl		Pe _{SV}	
	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(mm)	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(mm)	(%)	$\frac{N}{200 \text{ mm}}$	(%)
1	320	101	50,5	60	18,8	208	69	34,5	60	28,8
2	295	99	49,5	70	23,7	202	65	32,5	80	39,6
3	302	100	50,-	70	23,2	205	72	36,-	60	29,3
4	314	96	48,-	80	25,5	201	70	35,-	80	39,8
5	308	102	51,-	50	16,2	206	71	35,5	70	34,-
Aritm.průměr	308	100	50,-	66	21,4	204	69	34,5	70	34,3

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

č. I. a - VTK je vytvořen z POP rouna 400 g/m² a PAD pleteniny

Číslo vzorku	445 - Ř				
	Pe _N	Δl		Pe _{SV}	
	($\frac{N}{200 \text{ mm}}$)	(mm)	(%)	($\frac{N}{200 \text{ mm}}$)	(%)
1	255	60	30,-	70	27,5
2	234	75	37,5	80	34,2
3	250	78	39,-	75	30,-
4	244	68	34,-	84	34,8
5	250	65	32,5	60	24,-
Aritmetický průměr	248	70	35	74	29,8
Číslo vzorku	445 - 445				
	Pe _N	Δl		Pe _{SV}	
	($\frac{N}{200 \text{ mm}}$)	(mm)	(%)	($\frac{N}{200 \text{ mm}}$)	(%)
1	280	88	44,-	70	25,-
2	258	77	38,5	78	30,2
3	264	78	39,-	72	27,3
4	288	84	42,-	75	26,04
5	242	87	43,5	70	28,9
Aritmetický průměr	266	81	40,5	73	27,4
Číslo vzorku	445 - S				
	Pe _N	Δl		Pe _{SV}	
	($\frac{N}{200 \text{ mm}}$)	(mm)	(%)	($\frac{N}{200 \text{ mm}}$)	(%)
1	192	63	31,5	69	35,9
2	204	65	32,5	65	31,9
3	202	66	33,-	60	29,7
4	200	62	31,-	68	34,-
5	198	60	30,-	66	33,3
Aritmetický průměr	199	64	32,-	66	33,2

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

. II - VTK je vytvořen z POP tkaniny a POP rouna 200 g/m²

Číslo vzorku	L - 0					L - Ů				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{20 \text{ mm}}\right)$	(%)
1	834	60	30,-	365	43,8	700	58	29,-	305	43,6
2	792	62	31,-	350	44,2	675	61	30,5	270	40,-
3	830	60	30,-	308	37,1	689	56	28,-	310	45,-
4	799	52	26,-	345	43,2	760	54	27,-	300	39,5
5	808	65	32,5	370	45,8	705	59	29,5	290	41,1
Aritmetický průměr	812	61	30,5	348	42,9	705	58	29,-	295	41,8
Číslo vzorku	L - 45					T - 0				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
1	340	84	42,-	200	58,8	558	54	27,-	370	47,
2	462	88	44,-	180	39,-	886	59	29,5	390	44,
3	355	86	43,-	190	53,5	992	51	25,5	390	39,
4	395	84	42,-	195	49,4	799	55	29,5	375	46,
5	389	85	42,5	210	54,-	840	56	28,-	382	45,
Aritmetický průměr	388	85	42,5	195	50,3	859	55	27,5	381	44
Číslo vzorku	T - Ů									
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}						
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)					
1	780	61	30,5	340	43,6					
2	599	56	28,-	320	53,4					
3	810	63	31,5	335	41,4					
4	653	59	29,5	330	50,5					
5	695	56	28,-	310	44,6					
Aritmetický průměr	707	59	29,5	327	46,3					

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

č. III - VTK je vytvořen POP tkaninou a POP rounem 400 g/m²

Číslo vzorku	L - 0					T - 0				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
1	750	48	24,-	370	49,3	582	52	26,-	280	48,1
2	595	47	23,5	310	52,1	692	53	26,5	310	44,8
3	700	46	23,-	320	45,7	606	58	29,-	260	43,-
4	642	42	21,-	350	54,5	640	55	27,5	290	45,3
5	710	49	24,5	345	48,6	625	57	28,5	300	48,-
metický měr	679,4	46	23	339	49,9	629	55	27,5	288	45,8
Číslo vzorku	L - 0					T - 0				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
1	620	59	29,5	250	40,3	729	65	32,5	320	44,-
2	656	65	32,5	260	39,6	720	62	31,-	280	38,9
3	615	58	29,-	240	39,02	719	61	30,5	290	40,3
4	640	60	30	245	38,3	725	64	32,-	300	41,4
5	635	62	31	235	37,-	730	68	34	310	42,5
metický měr	633	61	30,5	246	38,9	723	64	32	300	41,5
Číslo vzorku	L - 45					T - 445				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
1	399	77	38,5	150	37,6	420	63	31,5	140	33,3
2	310	68	34,-	160	51,6	340	59	29,5	130	38,4
3	370	76	38,-	140	37,8	405	61	30,5	120	29,6
4	345	70	35,-	165	47,8	389	60	30,-	135	32,5
5	350	75	37,5	155	44,3	398	64	32,-	115	28,6
metický měr	355	78,2	39,1	154	43,4	390	61,4	30,7	126	32,5

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

. IV - VTK je vytvořen z POP rouna 200 g/m² a PAD pleteniny, svářen ze strany pleteniny

Číslo vzorku	L - Ř					L - S				
	Pe	Δl		Pe _{SV}		Pe	Δl		Pe _{SV}	
	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
	320	84	42,-	140	43,6	208	52	26,-	200	96,1
	376	88	40,-	130	34,6	225	50	25,-	215	95,5
	319	90	45,-	125	39,2	205	51	25,5	200	97,5
	354	91	45,5	135	38,1	230	56	28,-	195	89,7
	368	86	43,-	140	38,04	222	58	29,-	202	90,9
metický řer	347	88	44,-	134	38,6	218	54,3	27,15	202	92,7
Číslo vzorku	L - 45					T - 45				
	Pe	Δl		Pe _{SV}		Pe	Δl		Pe _{SV}	
	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
	240	95	47,5	60	25,-	220	78	39,-	60	27,2
	239	105	52,5	70	23,9	280	77	38,5	70	25,-
	238	96	48,-	65	27,3	226	83	41,5	50	22,-
	245	98	49,-	70	28,5	235	80	40,-	65	27,-
	240	99	49,5	55	23,-	265	81	40,5	70	26,-
metický měr	240	99	49,5	64	26,7	245	80	40,-	63	25,-
Číslo vzorku	T - Ř					T - S				
	Pe	Δl		Pe _{SV}		Pe	Δl		Pe _{SV}	
	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
	295	102	51,-	60	20,3	250	50	25,-	230	92
	330	90	45,-	60	18,2	260	54	27,-	240	92
	360	105	52,5	55	15,3	255	58	29,-	235	92
	325	99	49,5	65	20,-	260	52	26,-	248	95
	355	98	49,-	60	16,9	265	59	25,9	258	97
metický	333	99	49,5	60	18,-	258	55	27,5	242	93

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

č. V - VTK je vytvořen POP rounem 400 g/m^2 , PAD pleteninou jen ve směru sloupku a POP tkaninou, svářen ze strany pleteniny

Číslo vzorku	L - S - O					L - S - U				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
	1100	58	26,-	100	9,-	1007	65	32,5	200	19,9
	974	59	29,5	150	15,4	780	58	26,-	210	26,9
	985	55	27,5	125	12,7	893	62	31,-	190	21,3
	1075	60	30,-	105	9,8	945	59	29,5	205	21,7
	955	57	28,5	135	14,1	1002	60	30	200	20,-
Aritmetický průměr	1018	58	26,-	123	12,08	925	61	30,5	201	21,-
Číslo vzorku	T - S - O					T - S - U				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
1	959	60	30,8	180	18,8	984	70	35	100	10,-
2	1000	50	25,-	160	16,-	918,-	71,-	35,5	110	12,-
3	938	62	31,-	175	18,7	920	71	35,5	115	12,-
4	995	59	29,5	160	16,08	968	69	34,5	125	13,-
5	1005	52	26,-	155	15,4	980	66	33,-	105	10,-
Aritmetický průměr	979	67	33,5	166	17,-	954	69	34,5	111	11,-
Číslo vzorku	T - S - 445					L - S - 445				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
1	620	102	51,-	150	24,2	250	42	21,-	160	64
2	840	85	42,5	140	16,7	400	60	30,-	150	37
3	750	96	48,-	130	17,3	255	44	22,-	145	56
4	685	90	45,-	145	21,2	340	56	28,-	135	39
5	632	100	50,-	155	24,5	365	59	29,5	155	42
Aritmetický	705	95	47,5	144	20,5	322	52	26,-	149	4

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

VI - VTK je vytvořen POP rounem 200 g/m^2 a PES tkaninou, svářen ze strany tkaniny

Číslo vzorku	L - 0					L - Ů				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
	622	52	26,7	390	62,7	530	42	21,=	110	18,9
	660	51	25,5	280	42,4	545	42	21,-	130	23,9
	660	45	22,5	350	53,03	535	41	20,5	120	22,4
	665	50	25,-	300	45,1	540	42	21,-	115	21,3
	660	51	25,5	320	48,5	530	43	21,5	130	24,5
aritmetický růměr	662	49,8	24,9	328	49,5	536	42	21,-	121	22,6
Číslo vzorku	T - 0					T - Ů				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
	559	78	39,-	160	28,6	560	43	21,5	130	23,2
	650	51	25,5	90	13,9	480	39	19,5	220	45,8
	615	49	24,5	80	13,-	495	40	20,-	180	36,4
	580	47	23,5	105	18,1	520	41	20,5	150	28,8
	595	50	25,-	130	21,8	535	42	21,-	170	31,6
aritmetický růměr	599,8	55	27,5	119	19,8	518	41	20,5	170	32,2
Číslo vzorku	L - 445					T - 445				
	Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}		Pe $\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	Δl		Pe _{SV}	
		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)		(mm)	(%)	$\left(\frac{N}{200 \text{ mm}}\right)$	(%)
1	564	119	59,5	80	14,2	574	97	48,5	60	10,2
2	630	126	63,-	60	9,5	423	99	49,5	75	17,2
3	605	120	60,-	55	9,1	450	98	49,-	80	10,2
4	528	118	59,-	65	12,3	520	100	50,-	65	12,2
5	595	121	60,5	70	11,8	490	90	49,5	60	12,2
aritmetický růměr	595,2	120,8	60,4	66	11,1	491,6	98,6	49,3	68	13,2

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

Tab. č. VII - PAD pletenina, POP rouno 400 g/m²

Číslo vzorku	X	$\left(\frac{Pe}{N} \right)$ 200 mm	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	t (min)
1	24 -optimum	70	70	30	0
2	24 -optimum	60	75	35	1,5
3	24,5	46	75	40	2
4	25	41	75	30	3
5	23	38	80	30	4,5
6	20	48	80	45	5
7	18	46	70	30	5,5
8	16	50	70	80	6
9	14	34	70	30	8
10	10	30	80	33	10

Tab. č. VIII - POP tkanina POP rouno 200 g/m²

Číslo vzorku	X	$\left(\frac{Pe}{N} \right)$ 200 mm	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	t (min)
1	23 -optimum	380	70	30	11,5
2	23 -optimum	370	80	30	12,5
3	25	305	70	32	14,-
4	25	330	80	30	14,5
5	20	340	100	33	15,-
6	20	360	80	35	17,-
7	18	360	90	30	18,5
8	18	330	120	40	19,-
9	16	290	70	45	19,5
10	10	280	70	50	21,5

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

Tab. č. IX - POP tkanina a POP rouno 200 g/m²

Číslo vzorku	X	$\frac{Pe_{SV}}{N}$ (200 mm)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	t (min)
1	23 -optimum	350	70	30	24,-
2	23 -optimum	370	70	30	25,-
3	25	305	75	30	26,5
4	25	330	78	33	27,-
5	20	340	80	30	28,5
6	20	360	100	32	30,5
7	18	360	80	35	33,5
8	18	330	90	40	34,-
9	16	290	126	50	35,5
10	10	280	90	50	37,-

Tab. č. X - POP tkanina, PAD pletenina a POP rouno 400 g/m²

Číslo vzorku	X	$\frac{Pe_{SV}}{N}$ (200 mm)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	t (min)
1	22,5 -optimum	70	80	30	40
2	23,5	65	80	45	42
3	25	60	80	50	43,5
4	20	60	80	45	45
5	20	61	80	45	46
6	18	58	80	50	48,5
7	18	55	80	52	49,5
8	16	45	80	45	51
9	14	50	85	50	51,5
10	10	50	80	50	53

TABULKY NAMĚŘENÝCH HODNOT

b. č. XI - POP tkanina, POP round 400 g/m²

Číslo vzorku	X	$\left(\frac{Pe}{N} \right)$ (200 mm)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	t (min)
1	10	255	80	50	55
2	12,5	260	80	45	56,5
3	15	290	80	50	58
4	17	280	80	50	59
5	17	260	100	50	60
6	19	280	120	55	62
7	19	320	80	50	61
8	23 - optimum	370	80	48	63
9	25	365	80	50	64,5
10	21	340	80	48	65

Tab.č. XII - PES tkanina, POP round 200 g/m²

Číslo vzorku	X	$\left(\frac{Pe}{N} \right)$ (200 mm)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	t (min)
1	21 - optimum	270	75	45	68
2	23	105	70	50	69,5
3	25	93	80	50	71
4	19	75	80	50	73
5	17	72	70	50	74
6	15	60	80	45	77
7	10	24	80	50	78,5
8	20	210	80	50	80
9	22	170	80	55	81
10	24	85	80	50	83

CD ROM. - Diplomová
práce

V231/84T

13-