

Měření tepelné vodivosti

Martina Pavelková

Bakalářská práce
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martina PAVELKOVÁ**

Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**

Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**

Téma práce: **Měření tepelné vodivosti**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerši na dané téma
2. Zpracujte způsoby měření tepelné vodivosti plošných obuvnických materiálů
3. Zjistěte závislost tepelné vodivosti obuvnických materiálů na vlhkosti
4. Zpracujte závěry

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

MÍKA,V.:Základy chemického inženýrství, SNTL Praha 1981

ZACHOVÁ,B.:Studium tepelně izolačních vlastností obuvnických materiálů,(Disertační práce).Fakulta technologická, UTB Zlín 2006

LANGMAIER,F.:Hygienické vlastnosti kožedělných materiálů a jejich hodnocení, (Disertační práce) Fakulta technologická v Gottvaldově, VUT v Brně

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Antonín Blaha, CSc.**
Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce: **11. listopadu 2006**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21. května 2007**

Ve Zlíně dne 7. února 2006



prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
děkan





prof. Ing. Milan Mládek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

V současné době je kladen zvýšený důraz na tepelný a hygienický komfort při nošení obuvi. Tato práce se zaměřuje na metody a přístroje používané k měření tepelně izolačních vlastností svrškových obuvnických materiálů. A dále také na závislost tepelné vodivosti plošných obuvnických materiálů na vlhkosti.

Klíčová slova: tepelná vodivost, relativní vlhkost, Alambeta

ABSTRACT

In this time are thermal and hygienic comfort on your shoes very important. This thesis deals with the study of methods to metering thermal insulation properties of the upper shoe materials and dependence of thermal conductivity on increasing humidity.

Keywords: thermal conductivity, relative humidity, Alambeta

OBSAH

PODĚKOVÁNÍ.....	7
I TEORETICKÁ ČÁST.....	8
1. MECHANISMY SDÍLENÍ TEPLA	9
1.1 SDÍLENÍ TEPLA VEDENÍM	9
1.2 SDÍLENÍ TEPLA PROUDĚNÍM.....	9
1.3 SDÍLENÍ TEPLA SÁLÁNÍM	11
1.4 VEDENÍ TEPLA.....	11
2 TEPELNÉ VLASTNOSTI	13
2.1 MĚRNÉ TEPLLO	13
2.2 TEPLOTNÍ VODIVOST	14
2.3 TEPELNÁ VODIVOST	17
3 CÍL PRÁCE.....	19
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	20
4 MATERIÁLY A METODY.....	21
4.1 PLOŠNÉ OBUVNIČKÉ MATERIÁLY.....	21
4.1.1 Usně	21
4.1.2 Koženka.....	21
4.1.3 GoreTex.....	22
4.1.4 Ségl.....	22
4.1.5 Plyš.....	22
4.1.6 Úplet.....	23
4.1.7 Tebos.....	23
4.1.8 Textil.....	23
4.1.9 Netkaná textilie.....	23
4.1.10 Neopren.....	23
4.2 METODY MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI.....	24
4.2.1 Deskový přístroj podle Poensgena.....	24
4.2.2 Fitchova metoda.....	25
4.2.3 Alambeta.....	26
5 ZÁVISLOST TEPELNÉ VODIVOSTI NA VLHKOSTI MATERIÁLU.....	27
5.1 MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI NA PŘÍSTROJI ALAMBETA.....	27
5.2 MĚŘENÍ TEPELNÉ VODIVOSTI MATERIÁLU V ZÁVISLOSTI NA VLHKOSTI NA PŘÍSTROJI ALAMBETA. .	28
6 ZÁVĚR.....	36
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	39
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	40

SEZNAM TABULEK.....	41
----------------------------	-----------

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Antonínu Blahovi, CSc., za cenné rady a připomínky, které mi poskytoval v průběhu vypracování bakalářské práce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. MECHANISMY SDÍLENÍ TEPLA

Sdílení tepla (předávání tepla, přenos tepla, transport tepla) může probíhat třemi různými mechanismy: vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí), sáláním (radiací, zářením)[10].

1.1 Sdílení tepla vedením

Sdílení tepla vedením nastává předáváním kinetické energie mezi molekulami a elektrony vlivem teplotních rozdílů. Vedení tepla je tedy molekulárním mechanismem sdílení tepla. Molekuly a elektrony mají v místě s vyšší teplotou vyšší kinetickou energii než v místě s nižší teplotou. Jelikož se kinetická energie přenáší z molekuly na molekulu nebo z elektronu na elektron, závisí tento přenos značně na vlastnostech prostředí, v němž se vede teplo, tj. na vlastnostech molekul a elektronů a na jejich vzdálenosti.

Vedení tepla se týká látek pevných, kapalných i plyných. Snižování tlaků u plynů vede ke vzdalování molekul a ke zvyšování odporu proti vedení tepla. Plyny, zejména při velmi nízkém tlaku, jsou velmi špatnými vodiči tepla, stejně jako některé pevné látky, a proto se využívají k tepelné izolaci zařízení. Volné a vysoce pohyblivé elektrony kovových materiálů jsou příčinou jejich vysoké vodivosti nejen elektrické, ale i tepelné. U tekutin vzhledem k jejich pohyblivosti dochází k přenosu energie kromě vedení tepla také pohybem tekutiny[7].

1.2 Sdílení tepla prouděním

V pohyblivém prostředí, tj. především v tekutinách (ale též u pevných částic ve fluidní vrstvě, při pneumatickém transportu a v sesuvné vrstvě), dochází k přenosu energie z místa o vyšší teplotě na místo o nižší teplotě makroskopickým tokem částic, tj. z hlediska teorie spojitého prostředí přesunem velkých souborů molekul. Ve více složkových soustavách se při sdílení hmoty vytvoří koncentrační gradient, který způsobí difúzi částic a odpovídající difúzní přenos energie. Ten souvisí se sdílením hmoty a ve srovnání s přenosem tepla vlivem proudění není obvykle významný. Přenos energie prouděním je vázán na pohybující se hmotné částice a je o řád až dva intenzivnější než pouhé molekulární sdílení (vedení tepla) v téže látce. Oba typy přenosů energie probíhají v pohyblivém prostředí souběžně.

Intenzita přenosu energie prouděním závisí mj. na složce intenzity pohybu částic ve směru požadovaného sdílení tepla, tj. obvykle směrem k fázovému rozhraní nebo od fázového rozhraní, které představuje plochu tepelné výměny neboli teplosměnnou plochu. Přitom hlavní proudění tekutiny probíhá podél fázového rozhraní.

Proudění tekutiny při sdílení tepla je buď volné nebo nucené. Volné proudění je vyvoláno pouze rozdílem hustot (vlivem rozdílu teplot) u teplosměnné plochy a v jádru tekutiny. Až na výjimky (např. voda v rozmezí teplot 0 až 4 °C) klesá hustota tekutiny se vzrůstající teplotou. Potom např. u teplosměnné plochy s nižší teplotou, než je teplota v jádru tekutiny, dochází v gravitačním poli k pohybu tekutiny dolů. V jádru tekutiny, kde je vyšší teplota, dochází naopak k pohybu tekutiny směrem nahoru. V blízkosti nehybné teplosměnné plochy je rychlost proudění nízká, a proudění je zde proto laminární i při turbulentním proudění v jádru tekutiny. V tomto případě se zde vytváří laminární podvrstva, v níž se tekutina pohybuje pouze podél teplosměnné plochy. Napříč touto laminární podvrstvou nemůže tedy nastat přenos energie pohybem částic, ale jen jejich molekulárním pohybem, tj. vedením tepla.

Z jádra tekutiny se energie na rozhraní s laminární podvrstvou přenáší nejen vedením tepla, ale především pohybem tekutiny. Turbulentní fluktuace rychlosti v jádru tekutiny zvyšují intenzitu přenosu energie. V laminární podvrstvě se přenáší energie pouze ve formě vedení tepla. Celý tento mechanismus se nazývá sdílení tepla prouděním.

Stejný mechanismus přenosu energie je při nuceném proudění, které může být realizováno různým způsobem. Z toho vyplývá různá intenzita a charakter pohybu částic tekutiny k teplosměnné ploše. Tím je dána různá intenzita přenosu energie prouděním. Např. nucené proudění může být realizováno rozdílem tlaků nebo samospádem v trubce, nehybné vrstvě zrnitého materiálu, ve fluidní vrstvě, v cyklónu, v nádobě s mechanickým míchadlem, zánikem parní fáze při kondenzaci (značné snížení objemu látky v místě kondenzace vyvolává intenzivní tok páry tímto směrem)[7].

1.3 Sdílení tepla sáláním

Ke sdílení tepla sáláním (neboli zářením či radiací) dochází mezi dvěma tělesy tak, že se z jednoho tělesa energie ve formě elektromagnetického vlnění přenáší na druhé těleso. Tento proces je kvantitativně vyjadřován jako tok tepla. V tělese, které vyzařuje (emitoru), dojde k přeměně vnitřní energie na energii radiální. Opačný proces nastává u druhého tělesa, které pohlcuje (absorbuje) část radiální energie, jež dopadne na jeho povrch a přemění ji na vnitřní energii (absorbovaná radiální energie). Aby k tomuto přenosu radiální energie z jednoho tělesa na druhé mohlo dojít, musí být mezi dvěma tělesy prostředí propouštějící záření. Takové prostředí nazýváme transparentní.

Celkový tok zářivé energie na těleso E může být z části odražen (reflexe) jako tok E_r , z části pohlcen (absorpce) jako tok E_a , z části propuštěn (transparence) jako tok E_t .

Platí :

$$E = E_r + E_a + E_t \quad (1)$$

Relativní míry jednotlivých toků jsou dány podílem z celkové zářivé energie. Technicky se sdílení tepla sáláním uplatňuje v případě vysokoteplotních procesů, například při sdílení tepla v pecích.

Velmi často převažuje jeden mechanismus nad ostatními. Potom můžeme při výpočtech brát v úvahu pouze dominantní mechanismus a k ostatním nepřihlížet. Pokud nelze předpokládat, že dominantní je jediný mechanismus, musíme uvažovat o složeném sdílení tepla[7].

1.4 Vedení tepla

Tepelná vodivost λ je vlastnost, která se vyskytuje ve většině problémů sdílení tepla (energie). Její význam odpovídá významu viskozity při sdílení hybnosti. Fourierův zákon definuje tepelnou vodivost plynu, kapaliny nebo tuhé látky. Základní tvar Fourierova zákona je popsán rovnicí

$$q = -\lambda \nabla T \quad (2)$$

kde q je vektor hustoty toku tepla ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)

∇T – gradient teploty ($\text{K} \cdot \text{m}^{-1}$)

λ - tepelná vodivost ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

- Okrajové podmínky Fourierovy rovnice

Podmínku jednoznačnosti určují

- 1) geometrické podmínky, charakterizující tvar a rozměry tělesa, ve kterém proces probíhá;
- 2) fyzikální podmínky, charakterizující fyzikální vlastnosti tělesa;
- 3) časové nebo počáteční podmínky, charakterizující rozložení teplot ve vyšetřovaném tělese v počátečním čase;
- 4) okrajové podmínky charakterizující vzájemné působení vyšetřovaného tělesa s obklopujícím prostředím;

Hustota tepelného toku vedením je úměrná tepelnému spádu a tepelné vodivosti.

Vedle tepelné vodivosti λ se používá veličina zvaná teplotní vodivost a :



(3)

a – teplotní vodivost ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)

Teplotní vodivost se používá především při nestacionárním sdílení tepla vedením [1]

2 TEPELNÉ VLASTNOSTI

Do oblasti, která charakterizuje tepelné vlastnosti, se řadí především materiálové konstanty jako je měrné teplo, teplotní a tepelná vodivost a také teplotní roztažnost daného materiálu.

Teplota, zvláště u polymerních materiálů, často ovlivňuje strukturní vlastnosti těchto materiálů. Mnohdy způsobuje změnu základních mechanických a deformačních vlastností jako je elasticita, pevnost, tažnost, tvrdost, trvala deformace, nebo se mění optické či elektrické vlastnosti.

2.1 Měrné teplo

Měrné teplo c při teplotě t je množství tepla dQ v Joulech, kterým se teplota hmoty zvýší o 1°C , vztaženo na jednotku hmoty m (1kg) [2].



(4)

Vzhledem k tomu, že se měrné teplo mění s teplotou, uvádí se pro jaký rozsah teplot nebo teplotu naměřená hodnota platí. V oblasti plastických hmot, které si udržují určité procento vlhkosti je nutné vzorky nejdříve vysušit. U těch plastických hmot, které obsahují monomer nebo plnivo je nutné určit složení. Měření měrného tepla se provádí kalorimetricky. Kalorimetr je tepelně izolovaná nádoba, ve které zkoumané látce dodáme známé množství tepla dQ . Nedochází-li při dodání tepla v kalorimetru k žádnému jinému ději (např. k fázovým přeměnám, chemickým reakcím apod.) než k oteplování zkoumané látky, můžeme pak měrné teplo vyjádřit ze vztahu (4).

Rovnice (4) odpovídá pouze ideálnímu případu, kdy veškeré teplo dQ přejde pouze na zkoumanou látku. Ve skutečnosti se vždy část tepla, které bylo dodáno do kalorimetru spotřebuje na ohřátí jeho součástí, např. nádoby, míchadla, teploměru apod. a část se také odvede do prostředí obklopující kalorimetr, protože tepelná izolace kalorimetru nemůže být ideálně adiabatická.

Teplu spotřebované na ohřátí kalorimetru a jeho jednotlivých součástí vystihneme, zavedeme-li do kalorimetrických výpočtů tepelnou kapacitu kalorimetru. Tuto označujeme K ($J.K^{-1}$).

Tepelná kapacita závisí na druhu látek z nichž se soustava skládá, na její hmotě a na podmínkách, ve kterých se nachází, předáváme-li jí teplo. Pro přesná a spolehlivá měření tepelných kapacit jsou nejvýhodnější adiabatické kalorimetry. V nich je výměna tepla s okolím zmenšena na minimum snížením koeficientu přestupu tepla (např. vakuovým pláštěm) a udržováním velmi malého (nulového) teplotního rozdílu mezi vlastním kalorimetrem a okolím, které tvoří regulovaný adiabatický plášť. Přesnost a reprodukovatelnost měření závisí na měřeném systému a na teplotě měření. Kvalitní aparatura, používané v této oblasti, měří v optimálním případě s přesností až $\pm 0,05 \%$ [7].

Měrné teplo se potom vyjádří ze vztahu:



(5)

Pokud jde o tepelné ztráty, snažíme se v každém případě, aby byly co nejmenší. Z tohoto důvodu se volí počáteční teplota kalorimetru tak, aby se jeho teplota v průběhu měření měnila souměrně kolem teploty místnosti. Pak se ztracené teplo vyrovná s teplem získaným a oprava na ztráty se nedělá.

Jestliže tato podmínka není dost přesně splněna, nebo trvá-li měření měrného tepla delší dobu, je nutné tepelné ztráty uvažovat a získané experimentální výsledky vhodným způsobem korigovat.

2.2 Teplotní vodivost

Polymerní materiály jsou dobrými tepelnými izolátory. Stanovení teplotní vodivosti tudíž slouží k jejich porovnání a především ke správné volbě jejich aplikace.

Součinitel teplotní vodivosti udává, jak rychle se vyrovná teplotní rozdíl na dvou protilehlých stěnách krychle o hraně 1m je definován jako poměr tepelné vodivosti k měrnému teplu vztaženému na jednotku objemu [4]. Platí zde vztah (3).

Teplotní vodivost se zjistí buď uvedeným výpočtem z tepelné vodivosti λ , měrného tepla c_p a hustoty ρ měřené látky nebo na přístroji Pykově-Stahlanově. Podstatou této metody je zjištění doby, za kterou se projeví určitá teplota (50°C) na horní ploše zkušební destičky, položené na hladinu rtuťové lázně 100°C teplé. Zkušební tělesa mají v průměru 50 mm a tloušťku $7\div 10$ mm. Stěny těles musí být hladké a rovnoběžné (u keramických látek jsou obroušeny). Měření teploty se provádí pomocí termočlánku. Destička opatřená termočlánkem se položí na hladinu rtuť vyhřáté na 100°C a zjistí se čas, za který teplota odvrácené plochy zkušebního tělesa dosáhne 50°C . Okamžik, kdy teplota této hodnoty dosáhne se měří pomocí krystalu difenialaminu, protože tento má dobře definovaný bod tání 54°C . Pokud není stanoveno jinak, měří se 3 destičky téže látky [5].

Teplotní vodivost se pak vypočte podle vzorce:



(6)

kde C je konstanta přístroje

δ -tloušťka destičky

τ -čas

Teplotní vodivost se stanoví nejméně pětkrát a vypočte se průměr, který je pak střední teplotní vodivostí zkoušené látky v rozmezí teploty od 20°C do 100°C . Konstanta přístroje C se určí pokusem se zkušební destičkou z nerostné látky, jejíž střední teplotní vodivost je známá (např. sádra nebo sklo).

Podle novější metody se součinitel teplotní vodivosti stanovuje tzv. metodou a-kalorimetru v regulárním režimu 1. druhu. Zkušební těleso vytemperované na určitou teplotu se přemístí do temperační lázně jiné teploty (měrné temperační lázně) a vyhodnocuje se průběh změny teploty středu zkušebního tělesa. Po dosažení poloviny celkové změny je možné považovat logaritmus rozdílu teploty okamžité a ustálené na konci pokusu za lineární funkci času (toto stádium označujeme za regulární stav 1.druhu) [6].

Po provedení zkoušky je nutné určité přístrojové vybavení. Toto vybavení zahrnuje dva kapalinové termostaty, diferenciální termočlánek, jehož jeden spoj je ve středu

zkušební tělesa a druhý v měrné temperační lázni. Tento druhý kontakt je obvykle zhotovený z materiálu s nízkou tepelnou vodivostí. Tímto materiálem může být železo a konstantan. Mezi další přístroje patří lineární zapisovač s možností lineárního posuvu registračního papíru a mikrometr.

Při zkoušce se zkušební těleso včetně termočlánku vloží do termostatu pro vytemperování před měřením do ustálené teploty. Pak se zkušební těleso přeneso co nejrychleji do měrné temperační lázně a současně se zapne registrace spuštěním posuvu registračního papíru zapisovače. Zápis se ukončí po vyrovnání teplot zkušební tělesa a měrné temperační lázně, kterému odpovídá ustálená minimální výchylka zapisovače.

Hodnota výchylky zapisovače se udává v libovolných jednotkách. Ze záznamu se odečte hodnota x_0 , odpovídající ustálenému stavu na konci pokusu a také hodnoty x_t příslušející časům τ . Z těchto hodnot se stanoví regresní analýzou směrnice b (s^{-1}) přímkové závislosti dané vztahem:

$$\log(x_t - x_0) = u + b \cdot \tau \quad (7)$$

Teplotní vodivost se stanoví ze směrnice konstanty K_2 závislé na tvaru a rozměrech zkušební tělesa.

$$a = K_2 \cdot b \quad (8)$$

Měření touto metodou se provádí za předpokladu, že teplotní vodivost hodnoceného materiálu je ve zvoleném rozsahu teplot konstantní. Stanovení teplotní vodivosti touto metodou nelze provádět při velkých odchylkách od tohoto předpokladu (např. při teplotách blízkých se bodu tání). V oblastech, kde je teplotní závislost teplotní vodivosti dosti výrazná, je vhodné volit menší interval teplot mezi lázněmi.

2.3 Tepelná vodivost

Izolační schopnost materiálů lze nejjednodušeji charakterizovat konstantou- tepelnou vodivostí λ . Tepelná vodivost λ je fyzikálním parametrem látky, který závisí na chemickém složení, vlhkosti, tlaku, teplotě a také hustotě zkoumané látky. Tepelná vodivost je tedy intenzita tepelného toku q dělená gradientem teploty. Tato skutečnost platí pro homogenní izotropní látky.

Intenzita ustáleného tepelného toku je množství tepla prošlého za jednotkový čas τ jednotkovou plochou F kolmou ke směru toku:



(9)

Gradient teploty je pokles teploty na malé délce dl ve směru tepelného toku, vztažený na jednotku tloušťky.



(10)

Tepelná vodivost hmoty, jakožto její schopnost vést teplo, udává množství tepla ve W , které projde při ustáleném stavu zkoušenou deskou jednotkové plochy a tloušťky za $1s$ při teplotním gradientu $1 K.m^{-1}$.

Již z tohoto vztahu plyne, že ztráty tepla vedením jsou větší, čím menší je tloušťka a čím větší je tepelná vodivost daného materiálu při stejném teplotním gradientu.. Z ekonomického i technického hlediska je výhodné používat materiálů, které mají velkou tloušťku. Tloušťka materiálu je většinou dána již celkovou konstrukcí, a proto směrodatnou hodnotou pro minimum tepelných ztrát je tepelná vodivost.

Veškeré různorodé příměsi mohou tepelnou vodivost značně změnit. Největší vliv má vzduch. Porézní materiály mají vodivost vždy podstatně menší než materiály hutné. Vyplývá to z nízké hodnoty tepelné vodivosti vzduchu. Proto izolační materiály jsou obvykle porézní. Tepelná vodivost se na základě molekulárně kinetické teorie vysvětluje jako šíření tepelných vln. U polymerů prochází tepelné vlny střídavě oblastmi s dobrými a se špatnými podmínkami šíření. U krystalických materiálů tepelné vlny způsobují vibraci prostorových mřížek. V případě čistě amorfních materiálů jsou podmínky šíření tepelných

vln daleko horší. Tepelné vlny jsou vlivem vnitřní nepravidelné struktury silně rozptylovány a také odraženy. Cizí látky v polymeru, které v tomto případě působí jako přídavná rozptylová centra, tepelnou vodivost u polymerů snižují. Z tohoto důvodu mají krystalické polymery tepelnou vodivost větší než polymery amorfní .

S dostatečnou přesností lze závislost součinitele tepelné vodivosti na teplotě vyjádřit lineárním vztahem:



(11)

kde: λ_0 - součinitel tepelné vodivosti při teplotě t_0

b – konstanta, která se určuje experimentálně

*Tab.1. Tepelné vodivosti různých materiálů
(při teplotě 20°C)*

Materiál	Tep. vodivost ($W.m^{-1}.K^{-1}$)
Stříbro	418
Měď	395
Hliník	229
Železo	73
Žula	2,9-4,0
Led	2,2
Beton	1,5
Voda	1,0
Cihla	0,28-1,2
Sklo	0,6-1,0
Linoleum	0,19
Polystyren	0,16
Benzín	0,131
Skelná vata	0,04
Vzduch	0,024

[8]

3 CÍL PRÁCE

Tepelná vodivost je kritériem hodnocení tepelně izolačních vlastností materiálů používaných na výrobu svršků obuvi. Cílem této bakalářské práce je uvést :

1. Způsoby měření tepelné vodivosti plošných obuvnických materiálů
2. Závislost tepelné vodivosti obuvnických materiálů na vlhkosti

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 MATERIÁLY A METODY

4.1 Plošné obuvnické materiály

4.1.1 Usně

Useň je chemickými procesy a mechanickými operacemi přeměněná kůže. Je to vláknitý materiál tvořený hydrofilními vlákny. Přírodní svrškové usně se vyznačují vlastnostmi, které se zatím nepodařilo zcela napodobit. Na svršky obuvi se nejčastěji používají usně z hovězího dobytka, čili hověziny, teletiny a také vepřovice [9].

HOVĚZINA

Hověziny jsou nejdůležitější surovinou, co se týká koželužství. Vyznačují se velkou plochou a vysokou hmotností. Histologická struktura hovězí kůže umožňuje její univerzální použití na všechny druhy obuvnických, technických a galanterních usní. Podle pohlaví se třídí na jalovice, volovice, kraviny a býčiny[9].

TELETINA

Teletina je kůže mláďat hovězího dobytka, živěného mlékem. Teletiny mají husté, jemné chlupy, poskytující velmi jemný líc. Přechod na rostlinnou výživu způsobuje strukturální změny líce. Používají se na výrobu jemných luxusních druhů usní [9].

VEPŘOVICE

Tato kůže se od ostatních surovin podstatně liší vzhledem, lícovou kresbou a propustností. Používá se ve velké míře v galanterním průmyslu [9].

4.1.2 Koženka

Do této skupiny patří materiály, u kterých je nosná vrstva tvořena textilem - tkaninou nebo pleteninou, opatřena lící hydrofobní nepropustnou nebo mikroporézní vrstvou z filmotvorných polymerních látek. Základní nosná textilní podložka může být tvořena jedním druhem textilního vlákna (přírodního nebo syntetického) anebo kombinací dvou i více druhů vláken při výrobě příze anebo při tkaní, kde osnova a útek tvoří rozdílná vlákna. Další kombinace může nastat spojením, laminováním několika základních vrstev textilu jednoho typu nebo různých druhů. Lící vrstva je zpravidla na bázi PVC, lehčeného PVC, PUR anebo kombinací PVC + PUR [9].

4.1.3 GoreTex

GoreTex je produkt americké společnosti Gore. Základem tohoto materiálu je mikroporézní struktura membrány, kterou tvoří polymerová vlákna z PTFE neboli polytetrafluorethylenu. Voda do běžné látky proniká po kapkách, ovšem póry v GoreTexu jsou 20 000krát menší. Na druhé straně jsou ale póry dostatečně velké na to, aby jimi prošly jednotlivé molekuly vodní páry (jsou 700krát menší než molekuly vody), tj. aby jimi mohl odcházet pot v podobě vodních par.

Membrána GoreTex je silná 0,01 mm, metr čtvereční váží 20 gramů, na jednom centimetru čtverečním je 1,5 miliardy pórů, tepelná odolnost je od -250 do 260° C, je značně odolná vůči chemikáliím a mechanické námaze, což podstatně zvyšuje její životnost.

Membránu nestačí jen vyrobit, je nutné ji umět také zakomponovat do výrobku. V případě oděvů se používá dvou nebo třívrstvé laminace. Znamená to, že se membrána nelaminuje na vnitřní stranu povrchové látky a k tomu se pak volně přišije už podšívka anebo se všechny tři části (vrchní látka, membrána a podšívka) nalaminují na sebe, takže vznikne kompaktní třívrstvý materiál.

Do bot se používá čtyřvrstvá GoreTexová podšívka, kde je vrchní materiál umístěný směrem k noze, izolační vrstva sající pot a zajišťující ochranu proti mechanickému poškození, membrána a síťovina přikládána na vnitřní stranu usně či jiného svrchního materiálu boty. Pro letní obuv se používají pouze třívrstvé podšívky zbavené izolační částí. Také GoreTexové podšívky se vyrábějí v mnoha provedeních odpovídajících různým nárokům kladeným na obuv v rozličných podmínkách.

Aby nedocházelo k průniku vody ve švech, zalepují se u oděvů i obuvi místa šití speciálními páskami [9].

4.1.4 Ségl

Ségl je kaučuková směs s textilem, je tvořena z 56 % z bavlny a ze 44 % z juty [9].

4.1.5 Plyš

Plyš patří do skupiny vlasových tkanin. Jsou to tkaniny, které se připravují tak, že volně ležící niti osnovy nebo útku se rozřežou a rozčešou, v důsledku čehož tkanina získá charakter vlasové tkaniny. Plyšová konstrukce vykazuje i při navlhnutí velkou míru prodyšnosti, je měkká a příjemná při nošení. Tím, že plyš udržuje určitou míru vlhkosti, jej lze používat jako zateplovací vrstvu pod lehké neprodyšné materiály, aniž by docházelo ke kondenzaci par [9].

4.1.6 Úplet

Úplet se skládá ze 100 % polyesteru [9].

4.1.7 Tebox

Tebox je filtrační materiál vyrobený ze 100 %-ního polyesteru. Jeho hlavní výhodou je dobré odvětrávání [9].

4.1.8 Textil

Textilie vzniká tkaním na tkalcovském stavu. Vzniká tak tkanina, která je tvořena dvěma soustavami nití (osnova - podélně, útek - příčně), které jsou navzájem překřížené a převázané v pravém úhlu. Podle způsobu, jakým je osnova a útek navzájem provázaná a propletená, rozlišujeme 3 základní druhy vazeb – plátňovou, keprovou a atlasovou. Od nich jsou odvozeny další.

Plátňová vazba je nejhustější a tkaniny s touto vazbou mají největší odolnost vůči oděru. Vazba vzniká jednoduchým střídáním osnovní a útkové nitě v každém řádku.

Keprová vazba vytváří na tkanině úhlopříčky, které vznikají tím, že uzlové body se dotýkají svými rohy.

Atlasová vazba dělá povrch tkaniny hladkým a lesklým, neboť jednotlivé vazné body se nedotýkají svými rohy [9].

4.1.9 Netkaná textilie

Úkolem výrobce netkaných textilií je výroba koberců a dalších textilií pojených nikoliv tkaním, ale chemicky. Netkaná textilie je pro další zpracování lehce manipulovatelná, lze ji svařovat, sešívát i potiskovat.

Materiály z netkané textilie se používají místo klasické textilie nebo papíru. Výhoda netkané textilie proti papíru je ta, že netkaná textilie je pevná, déle vydrží a je voděodolná, proti textilu má netkaná textilie nízké pořizovací náklady [9].

4.1.10 Neopren

Neopren patří do skupiny pryží odolných proti stárnutí. Neopren, je vyrobený ze syntetického kaučuku, jeho chemický název je chloropren, 2-chlor, 1, 3-butadien. Jedná se o 3-vrstvý materiál odolávající všem povětrnostním vlivům, má výborné elastické vlastnosti a schopnost uchovávat teplo. Také má dobré fyzikálně-mechanické vlastnosti a je vhodný

pro použití zejména do míst, kde mohou působit v různých kombinacích vlivy, které jiné pryže poškozují [9].

4.2 Metody měření tepelné vodivosti

Zjišťování tepelné vodivosti lze provést v podstatě několika způsoby, které jsou především určeny tepelným režimem, v němž se dané měření uskutečňuje. Nejčastěji se měření provádí ve stacionárním nebo nestacionárním režimu. Pro každý z těchto způsobů bylo v praxi vypracováno několik konkrétních metod, které se úspěšně používají. Obecně lze říci, že pro materiály dobře tepelně vodivé postačí stacionární metody a pro tepelné izolanty a výpočet závislosti tepelné vodivosti na vlhkosti jsou vhodnějšími metodami metody nestacionární [7].

4.2.1 Deskový přístroj podle Poensgena

Tento přístroj je určen na měření tepelné vodivosti vzorků ve tvaru desek, a to jak z vláknitých tak sypkých materiálů. Jedná se o jednu z nejrozšířenějších metod měření tepelné vodivosti při stacionárních podmínkách.

Mezi vyhřívanou a chlazenou deskou přístroje je vytvořené tepelné pole se souběžnými proudnicemi, které přechází kolmo zkoušenou deskou. Podstatou zkoušky je šíření tepelného toku a rozdílů povrchových teplot vzorků za ustáleného tepelného stavu. Ze zjištěných hodnot, měrné plochy a tloušťky zkoušeného vzorku se vypočítá součinitel tepelné vodivosti [11].

Vlastní přístroj je složený z výhřevné desky a dvou chladicích desek. Výhřevná deska obsahuje elektrickou výhřevnou mřížku, oboustranně krytou elektricky izolačními deskami a povrchovými deskami z hliníkového nebo měděného plechu. Měřený vzorek se vkládá na vnější plochu výhřevné desky.

Na vnějších plochách vzorků jsou uloženy dvě chladicí desky, které jsou chlazené protékající vodou. Požadovaná teplota vody se může nastavit zapojením výměňkové nádržky nebo použitím termostatu, který upraví vodu na požadovanou teplotu automaticky.

Povrchové teplo zkoušeného vzorku na výhřevné desce a chladicích deskách se měří termočlánky. Na každé ploše je nejméně pět termočlánků s koncovými měděnými destičkami na teplém konci článku [12].

4.2.2 Fitchova metoda

Je to nejvíce používaná laboratorní metoda měření tepelné vodivosti při nestacionárních podmínkách.

U přístroje podle Fitcha proudí teplo z ohřívací nádoby přes zkušební těleso do měrného válce. Pomocí diferenciálně zapojených termočlánků se sleduje na vhodném přístroji (milivoltmetr, galvanometr) rozdíl teplot dna ohřívací nádoby a měrného válce v regulární fázi za stanovenou dobu.

Vlastní přístroj válcového typu je dvoudílný. V jeho spodní části je uprostřed uložen měděný váleček s přesně opracovanou horní plochou, která nepatrně přesahuje nad horní izolační desku spodní části přístroje. Uvnitř válečku je pevně uložený spoj termoelektrického článku, konec je vyvedený na svorky upevněné na plášti. Celý prostor okolo válečku je tepelně izolovaný proti ztrátám tepla do okolí.

Horní část přístroje je vyrobena ve formě měděné válcové nádoby s plošně přesným měděným dnem, ve kterém je opět uložen druhý konec termočlánku. Pomocí termostatu se vytemperuje ohřívací nádoba Fitchova přístroje na danou teplotu.

Na měrný válec se položí zkušební těleso a ručním ovládním se sníží ohřívací nádoba tak aby tlak mezi dnem nádoby a měrným válcem, působícím na zkušební těleso odpovídal tlaku, při kterém byla naměřena tloušťka zkušebního tělesa.

Vzhledem na malou tloušťku vzorku je přesnost výsledků horší než při klasických metodách za ustáleného tepelného toku. Přesto se však tento přístroj používá zejména na měření vlhkých vzorků [12].

4.2.3 Alambeta

Přístroj Alambeta je poloautomatický počítačem řízený přístroj, který měří mimo jiné tepelnou vodivost plošných textilií. Je koncipován pro tloušťku materiálů od 0,5 do 8,0 mm. Při splnění této podmínky tloušťky lze na tomto přístroji měřit i jiné materiály, čehož bylo v této práci využito. Zároveň je schopen vyhodnocovat statistické hodnoty naměřených údajů. Celá měřicí procedura, včetně měření tepelné vodivosti λ , tloušťky vzorku, tepelného odporu R a statistického zpracování výsledků trvá průměrně 3-5 minut [13].

Princip tohoto přístroje spočívá v aplikaci systému na přímé měření tepelného toku připevněného k povrchu kovového bloku s konstantní teplotou, která se liší od teploty vzorku. Po zahájení měření hlavice se zmiňovaným měřicím systémem poklesne a dotkne se povrchu měřeného vzorku, který je umístěný na základně přístroje pod měřicí hlavou, která je vytápěna odporovou topnou vložkou o příkonu cca 1 W. V tomto okamžiku se povrchová teplota vzorku náhle změní a počítač začne zaznamenávat průběh tepelného toku.

Současně je pomocí závaží nastaven přítlak 200 Pa dle ČSN 80 0844, pomocí kterého fotoelektrický senzor měří tloušťku vzorku. Zjištění první dráhy probíhá během automatické přípravy měřiče, kdy se hlavice spustí přímo na základnu bez vzorku. Po zvednutí hlavice do horní polohy se vloží měřený vzorek a hlavice se opět spustí.

Po výměně vzorků může následovat další měření již bez přípravné fáze, neboť délka první dráhy je uložena v paměti mikropočítače. Všechna data jsou zpracována podle programu, který zahrnuje matematický model charakterizující nestacionární teplotní pole v tenké desce vystavené různým okrajovým podmínkám.

Měřené a vyhodnocené veličiny jsou zobrazeny na displeji se značkou a hodnotou veličiny. Ke znázornění indikace a upozornění obsluhy napomáhá zvuková signalizace a luminiscenční diody indikující režim statistického zpracování výsledků.

Měřená data samostatně zpracovává počítač. Pro statistické zpracování je minimální počet měření 3 a maximální počet 20. Vypočítává se aritmetický průměr z jednotlivých měření, variační koeficient pro 95 % hladině spolehlivosti. Hodnoty se zobrazí na displeji přístroje [9].

5 ZÁVISLOST TEPELNÉ VODIVOSTI NA VLHKOSTI MATERIÁLU

5.1 Měření tepelné vodivosti na přístroji Alambeta

Měřena byla tepelná vodivost většiny dostupných svrškových obuvnických materiálů. Bylo ustanoveno 13 skupin vzorků nejvíce používaných materiálů: vrchové a podšívkové hověziny, vrchové vepřovice, vrchové a podšívkové koženky, GoreTex, ségl, plyš, úplet, Tebox, textil, netkaná textilie a neopren. Složení a vlastnosti daných materiálů jsou popsány v kapitole 4.1. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2 [8].

Tab.2. Naměřené hodnoty tepelných vodivostí materiálů na přístroji Alambeta

číslo vzorku	Druh materiálu	tloušťka [mm]	hustota [kg/m ³]	tepelná vodivost [W/m.K.10 ⁻³]
1	VRCHOVÁ	2,29	841	84
2	HOVĚZINA	1,15	607	52
3	PODŠÍVKOVÁ	1,00	617	58
4	HOVĚZINA	1,40	695	63
5	VRCHOVÁ	1,14	705	65
6	VEPŘOVICE	1,02	647	61
7	VRCHOVÁ	0,97	525	54
8	KOŽENKA	0,93	397	50
9	PODŠÍVKOVÁ	0,80	325	47
10	KOŽENKA	1,23	282	43
11	GORETEX	1,85	208	42
12		0,7	396	45
13	SÉGL	0,83	777	69
14		0,74	929	82
15	PLYŠ	7,36	54	54
16		2,5	147	46
17	ÚPLET	0,83	750	69
18		1,21	802	72
19	TEBOX	2,50	108	46
20		3,25	116	54
21	TEXTIL	0,47	398	41
22		0,54	549	58

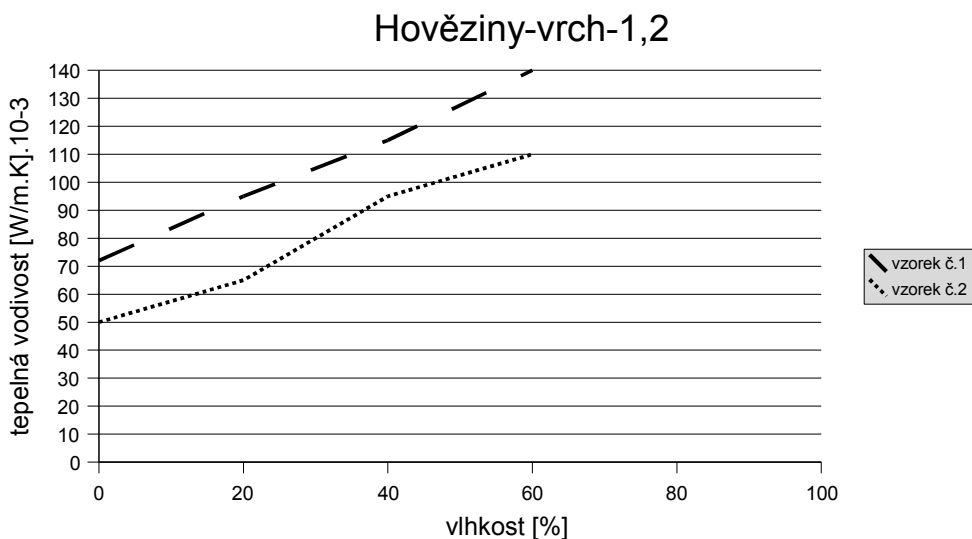
23	NETKANÁ	2,97	131	40
24	TEXTILIE	1,68	356	55
25	NEOPREN	3,84	277	66

Tabulka 2 je důležitým ukazatelem parametrů svrškových materiálů. I když by nebylo možno změřit tepelnou vodivost, je možno podle této tabulky ji z hodnot vypočítané hustoty příbuzného materiálu přibližně odhadnout [8].

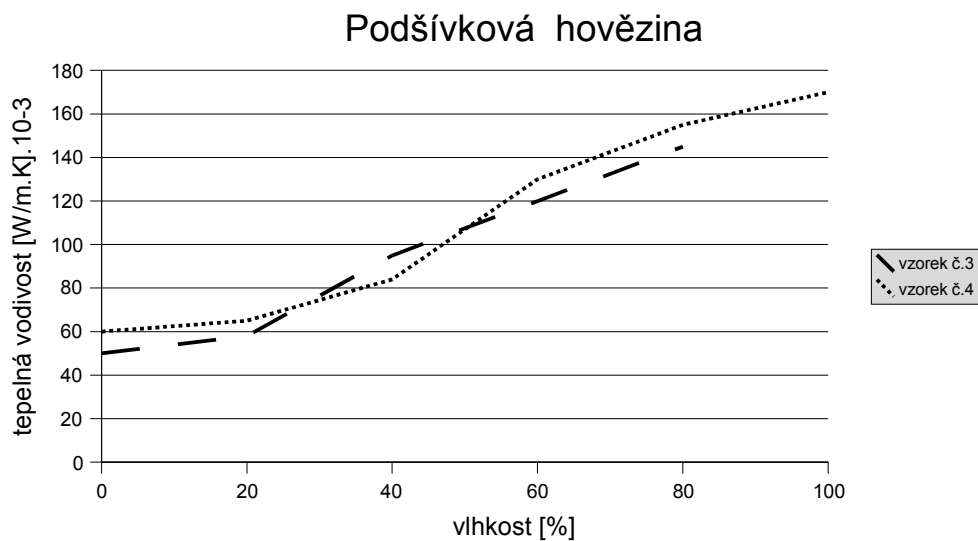
5.2 Měření tepelné vodivosti materiálu v závislosti na vlhkosti na přístroji

Alambeta

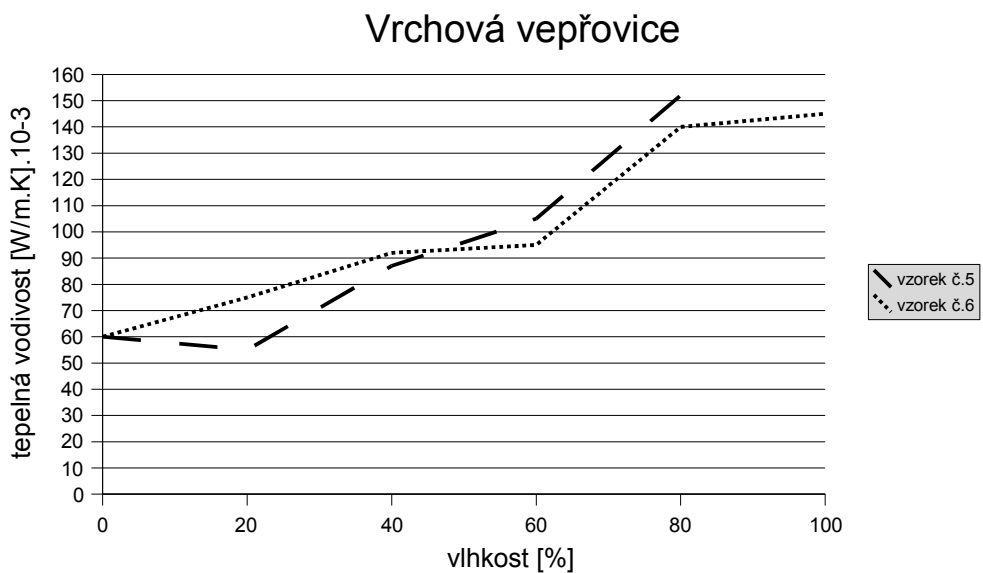
K dosažení maximálního komfortu a hygieničnosti textilních a obuvnických materiálů je důležité sledovat změny hodnot tepelné vodivosti jednotlivých materiálů s přibývajícím vlhkostí. Obr. 1-13 ukazují závislost tepelné vodivosti na vlhkosti u všech 13 skupin materiálů. Z důvodu přehlednosti a srovnatelnosti jsou rozsahy tepelné vodivosti a vlhkosti u všech grafů stejné [8].



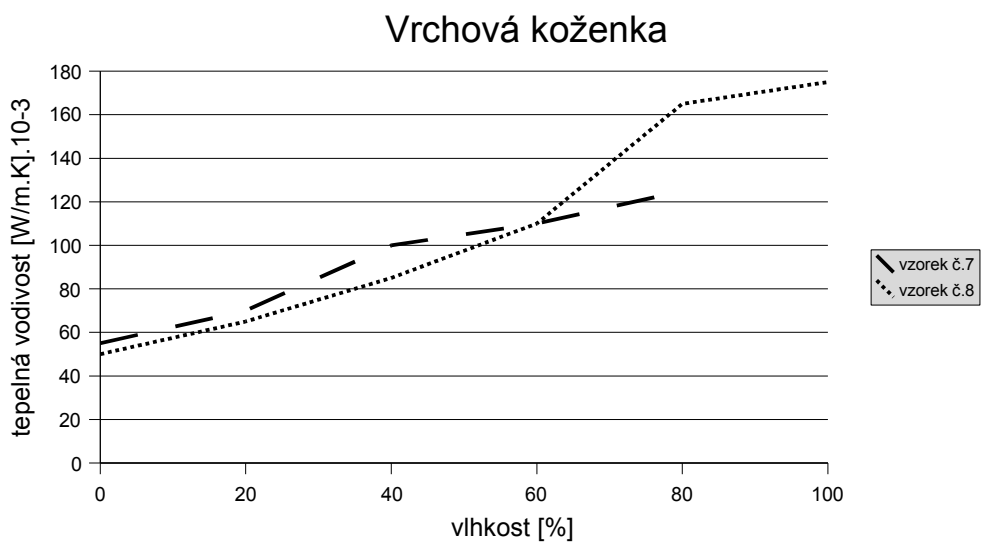
Obr. 1- Závislost tepelné vodivosti vrchové hovězíny na vlhkosti



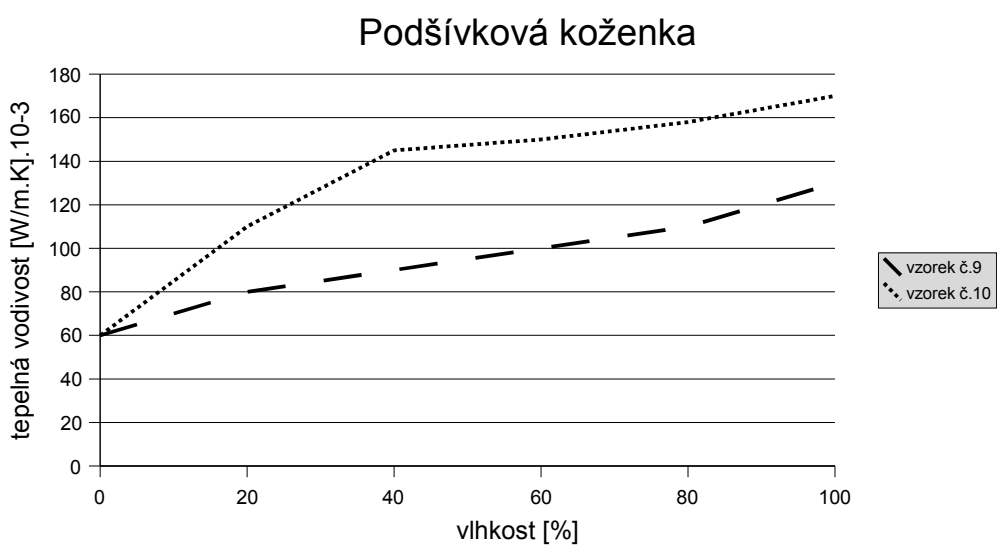
Obr. 2- Závislost tepelné vodivosti podšívkové hověziny na vlhkosti



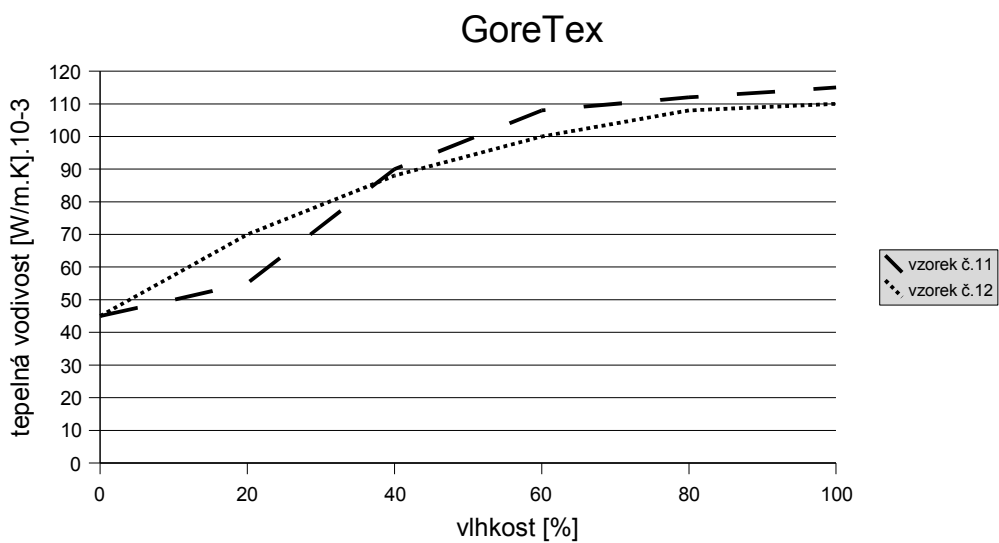
Obr. 3-závislost tepelné vodivosti vrchové vepřovice na vlhkosti



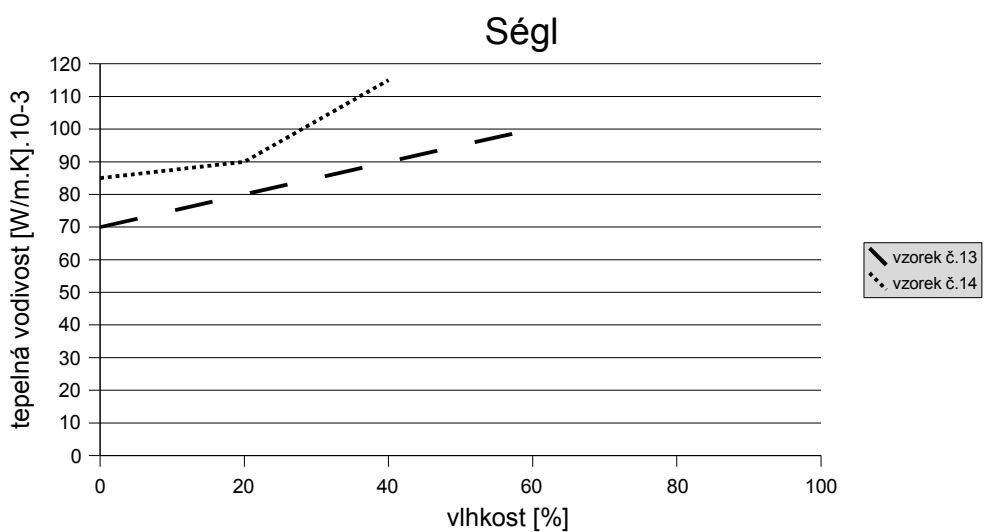
Obr. 4- Závislost tepelné vodivosti vrchové koženky na vlhkosti



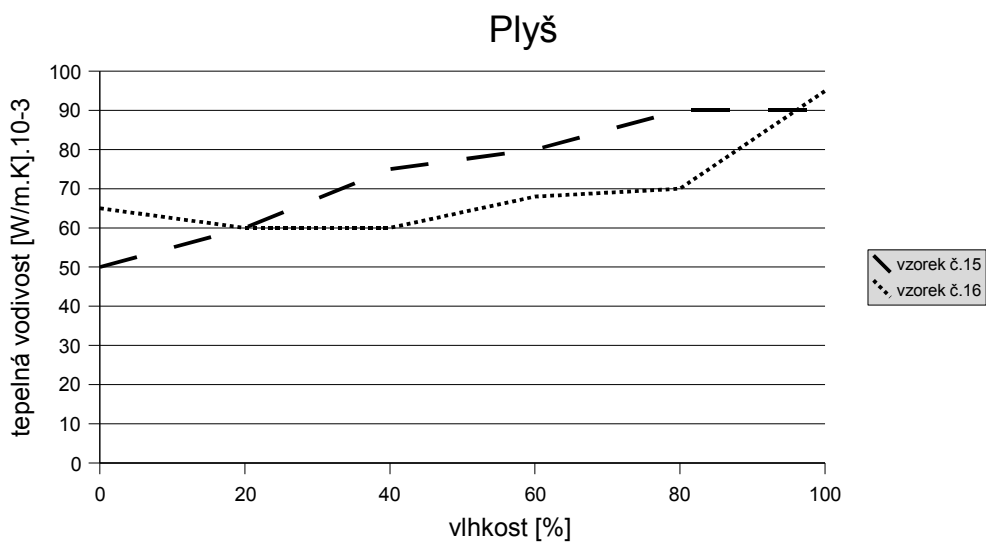
Obr. 5- Závislost tepelné vodivosti podšívkové koženky na vlhkosti



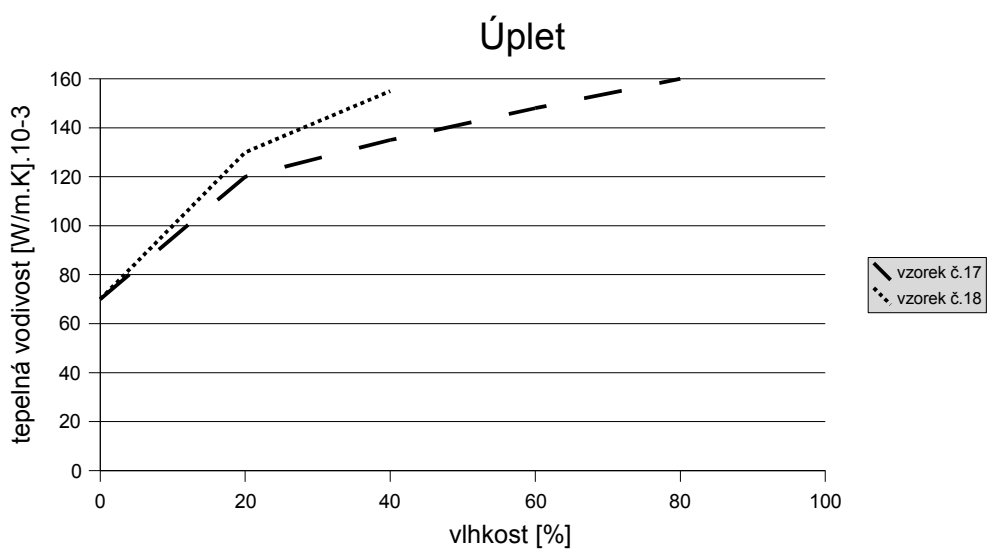
Obr. 6- Závislost tepelné vodivosti GoreTexu na vlhkosti



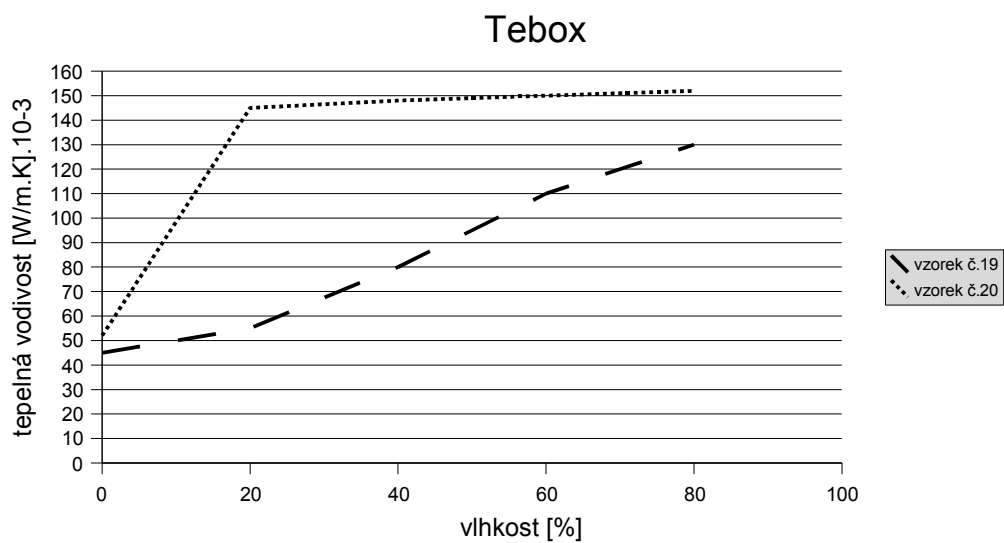
Obr. 7- Závislost tepelné vodivosti séglu na vlhkosti



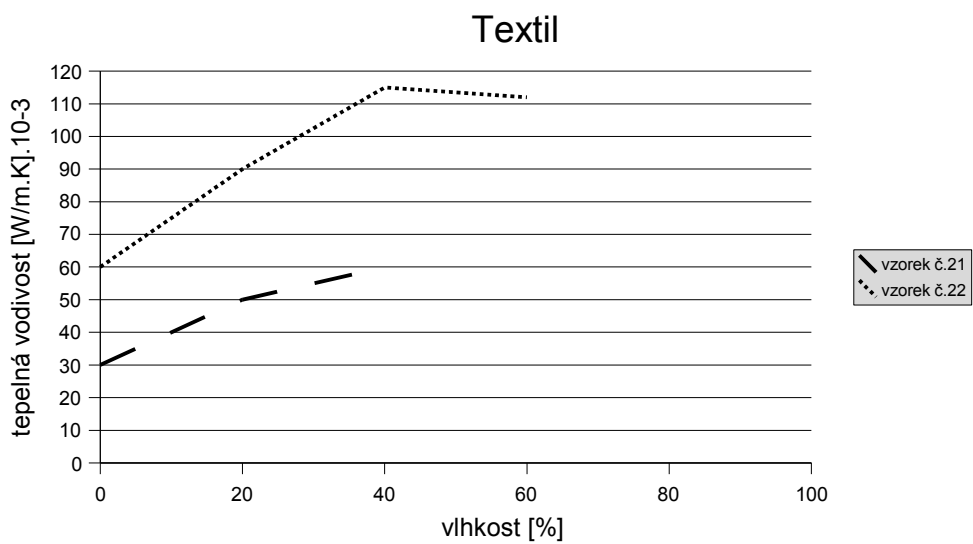
Obr. 8- Závislost tepelné vodivosti plyše na vlhkosti



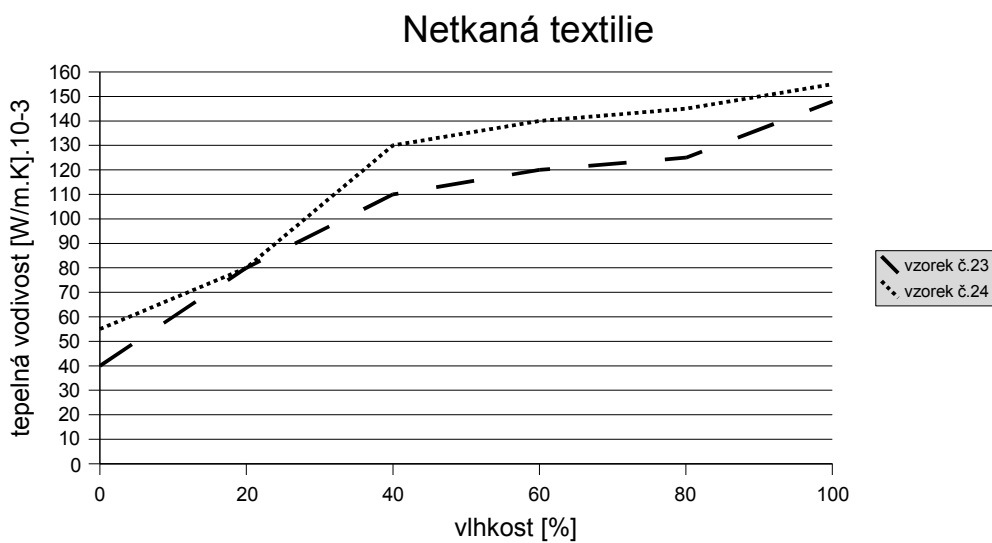
Obr. 9- Závislost tepelné vodivosti úpletu na vlhkosti



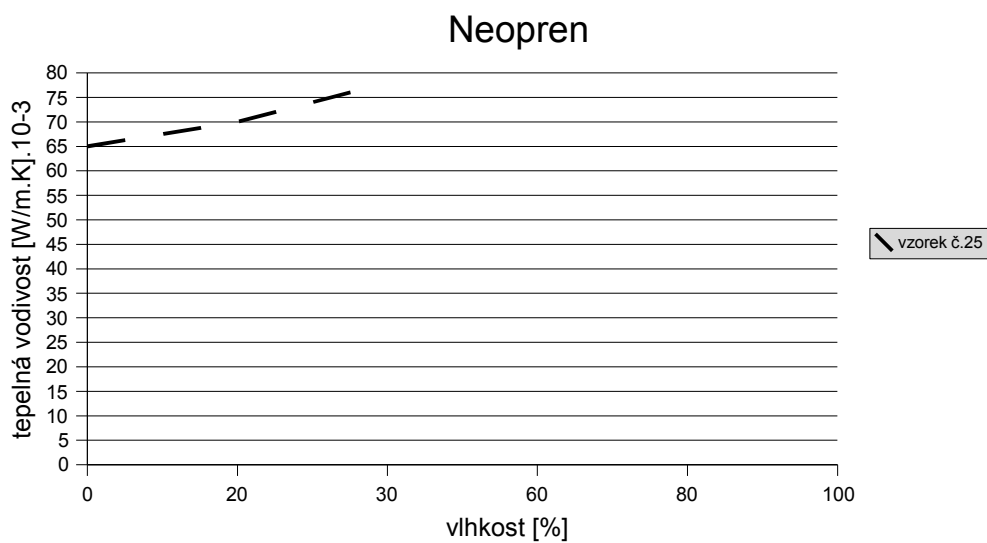
Obr. 10- Závislost tepelné vodivosti Teboxu na vlhkosti



Obr. 11- Závislost tepelné vodivosti textilu na vlhkosti



Obr. 12- Závislost tepelné vodivosti netkané textilie na vlhkosti



Obr. 13- Závislost tepelné vodivosti neoprenu na vlhkosti

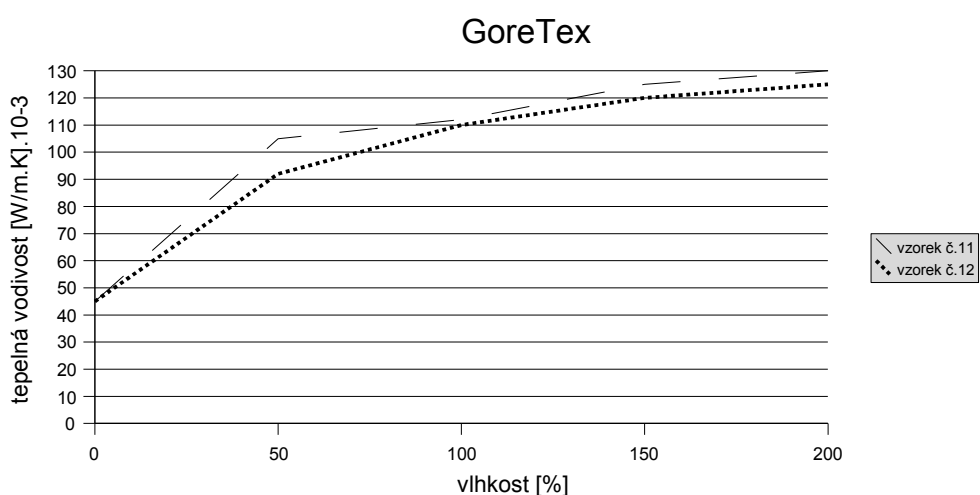
U obr. 1 – 13 byla sledována závislost tepelné vodivosti na měrné vlhkosti jednotlivých druhů materiálů. Jedná se o relativní hmotnostní zlomek vody na hmotnost sušiny. Vlhkost materiálu v bodě 0 odpovídá hodnotě vlhkosti materiálu po sušení v sušárně.

U skupiny hověžin obr. č. 1-2, je i při relativně vysoké vlhkosti, jako je 100%, tepelná vodivost relativně nízká, dosahuje hodnot od 115 do 230 $W/m.K.10^{-3}$. Materiály s takovou tepelnou vodivostí jsou poměrně dobrými tepelně izolačními materiály.

Některé materiály, např. podšívková koženka a GoreTex jsou schopny mnohem větší sorpce než je 100%, jak je videt z obr. 14 a 15 Je zajímavé, že i syntetický materiál, jakým je GoreTex, má vysokou sorpci, přičemž současně nedochází k vysokému nárůstu hodnoty tepelné vodivosti [8].



Obr. 14- Závislost tepelné vodivosti podšívkové koženky na vlhkosti při sorpci vlhkosti vyšší než 100%



Obr. 15- Závislost tepelné vodivosti GoreTex na vlhkosti při sorpci vlhkosti vyšší než 100%

6 ZÁVĚR

Tepelný komfort za každého počasí je u textilních a obuvnických materiálů velmi diskutovaným a žádaným artiklem. Cílem této práce bylo uvést jakými způsoby lze změřit tepelnou vodivost a dále uvést její závislost na vlhkosti materiálu.

V první části práce jsem se věnovala mechanismům sdílení tepla a tepelným vlastnostem.

V další části jsou popsány způsoby měření tepelné vodivosti. Je zde uvedena Fitchova metoda, která je laboratorně nejpoužívanější. Přístroj se používá k měření tepelných vlastností plošných materiálů např. plastů a pryží. Pro mou práci byl nejdůležitější přístroj Alambeta. Je poloautomatický a řízený počítačem. Je koncipován pro tloušťku materiálů od 0,5 do 8,0 mm. Tato metoda je velmi výhodná, protože celá procedura, včetně měření tepelné vodivosti, tloušťky vzorku, tepelného odporu a statistického zpracování výsledků trvá průměrně 3-5 minut.

V poslední části jsem se uvedla hodnoty, které byly naměřeny na přístroji Alambeta. Konkrétně jsem se zajímala o závislost tepelné vodivosti na vlhkosti materiálu.

Noha každého člověka se při nošení obuvi potí. V zájmu udržení dostatečné míry hygieničnosti obuvnických materiálů je tedy důležité sledovat změny hodnot tepelné vodivosti jednotlivých materiálů s přibývajícím vlhkostí. Bylo hodnoceno 13 materiálů: hovězina, vepřovice, teletina, koženka, GoreTex, ségl, plyš, úplet, Tebox, textil, netkaná textilie a neopren. Materiály se významně liší, mnohé naměřené materiály vykazují i přes velkou vlhkost dobré tepelné vlastnosti. Z pohledu hygieny obouvání je důležitá sorpce, tzn. že materiál sorbuje vlhkost a odvádí ji z vnitřního prostoru obuvi a zvyšuje komfort při nošení. Tím ale dochází ke zvýšení tepelné vodivosti daného materiálu. Čím je vyšší vlhkost, tím je vyšší vodivost, jak je vidět kromě hovězin u dalších materiálů, viz. Obr. 2-13. Ve výsledku to znamená, že materiál, tedy svršek obuvi, vlhne a dochází k rychlému odvodu tepla z obuvi. Což vede k tomu, že nositel začíná pociťovat chlad. Hlavní roli tedy hraje fakt, po jak dlouhou dobu dokáže materiál sorbovat vlhkost a současně nohu chránit před chladem.

Ze všech měřených materiálů mi připadá nejsympatičtější materiál americké společnosti Gore, Gore-Tex. Je schopen absorbovat více než 200 % vlhkosti a při tom nedochází k velkým ztrátám tepla.

Jsem učitelka lyžování a mám s Gore-Texem osobní zkušenost. Mám vybavení od firmy Tilak a můžu říct, že po celém dni učení v dešti jsem na těle zůstala suchá. Což Vám jiný materiál jen těžko nabídne. Vřele ho všem doporučuji!

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] NEUŽIL, L.-MÍKA, V.: *Chemické inženýrství I B*. Ediční středisko VŠCHT, Praha 1992
- [2] RYBNÍKÁŘ, F.: *Analýza a zkoušení plastických hmot*. SNTL, Praha 1965
- [3] SCHÄTZ, M.-VONDRÁČEK, P.: *Zkoušení polymerů*. VŠCHT Praha v Čs. Redakci VN MON, Praha 1988
- [4] ČSN 640142
- [5] ONDRÁŠ, J.: *Nestacionární metody měření tepelné vodivosti*. Diplomová práce, fakulta technologická, VUT Brno, Gottwaldov 1983
- [6] BRZOBOHATÝ, P.: *Měření tepelné a teplotní vodivosti polymerních materiálů*. Diplomová práce, UTB ve Zlíně, Zlín 2002
- [7] BITTNER, J.: *Měření tepelných vlastností materiálů*. Bakalářská práce, fakulta technologická, UTB ve Zlíně, Zlín 2006
- [8] ZACHOVÁ, B.: *Studium tepelně izolačních vlastností obuvnických materiálů*. Disertační práce, fakulta technologická, UTB ve Zlíně, Zlín 2006
- [9] KOLOMAZNÍK, K., SEDLÁŘ, J., MACHÁČKOVÁ, A.: *Teorie technologických procesů III*. Vysoké učení technické v Brně, Brno 1978, 1. vydání, skriptum VUT
- [10] HORÁK, Z.: *Praktická fyzika*. SNTL, Praha 1968
- [11] KUNO, Z.: *Tepelná izolácia a meranie tepelných ztrát*. SNTL. Praha 1963
- [12] HES, L.: *Základy návrhu a hodnocení textilií a oděvů s požadovaným komfortem*. Studijní text. Technická univerzita Liberec, Fakulta textilní. Liberec, 2005

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

a	teplotní vodivost [m^2/s]
C	konstanta přístroje
q	vektor hustoty toku [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]
∇T	gradient teploty
λ	tepelná vodivost [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
t	teplota [K]
τ	čas [s]
δ	tloušťka destičky [m]
Q	množství tepla [J]
E	zářivý tok (E_r -odražený, E_a - pohlcený, E_t - propuštěný)
K	součinitel přestupu tepla [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}$]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Závislost tepelné vodivosti vrchové hověžiny na vlhkosti.....	28
Obr. 2 Závislost tepelné vodivosti podšívkové hověžiny na vlhkosti.....	29
Obr. 3 Závislost tepelné vodivosti vrchové vepřovice na vlhkosti.....	29
Obr. 4 Závislost tepelné vodivosti koženky na vlhkosti.....	30
Obr. 5 Závislost tepelné vodivosti podšívkové koženky na vlhkosti.....	30
Obr. 6 Závislost tepelné vodivosti GoreTexu na vlhkosti.....	31
Obr. 7 Závislost tepelné vodivosti séglu na vlhkosti.....	31
Obr. 8 Závislost tepelné vodivosti plyše na vlhkosti.....	32
Obr. 9 Závislost tepelné vodivosti úpletu na vlhkosti.....	32
Obr. 10 Závislost tepelné vodivosti na Teboxu vlhkosti.....	33
Obr. 11 Závislost tepelné vodivosti textilu na vlhkosti.....	33
Obr. 12 Závislost tepelné vodivosti netkané textilie na vlhkosti.....	34
Obr. 13 Závislost tepelné vodivosti neoprenu na vlhkosti.....	34
Obr. 14 Závislost tepelné vodivosti podšívkové koženky na vlhkosti při sorpci vlhkosti vyšší než 100%.....	35
Obr. 15 Závislost tepelné vodivosti GoreTexu na vlhkosti při sprpci vlhkosti vyšší než 100%.....	36

SEZNAM TABULEK

Tab. I Tepelné vodivosti různých materiálů (při teplotě 20°C).....18

Tab. II Naměřené hodnoty tepelných vodivostí materiálů na přístroji Alambeta.....27