

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

**Vliv povrchové úpravy na vlastnosti vlnité lepenky pro využití  
v nábytkářském průmyslu**

Diplomová práce

Autor: Zuzana Daňková

Vedoucí práce: Ing. Jan Bomba, Ph.D.

2015 ČZU v Praze

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Vliv povrchové úpravy na vlastnosti vlnité lepenky pro využití v nábytkářském průmyslu vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jana Bomby, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V.....dne..... Podpis autora :

Ráda bych na tomto místě poděkovala Ing. Janu Bombovi, Ph.D. ze vedení a cenné připomínky při psaní této diplomové práce. Velké díky patří společnosti Thimm s.r.o., kde mi bylo umožněno provést testování zkušebních vzorků na firemních přístrojích a především paní Ing. Lence Pavlíkové, která mi u všech zkoušek poskytovala rady, důležité informace a pomáhala mi v průběhu celého testování vzorků.

# **Vliv povrchové úpravy na vlastnosti vlnité lepenky pro využití v nábytkářském průmyslu**

---

## **The effect of surface finishing on corrugated cardboard properties for using in furniture industry**

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce se věnuje tématu zpracování vlnité lepenky v nábytkářském průmyslu. V teoretické části je vytvořena stručná rešerše stále výraznějšího trendu papírového nábytku. Dále je popsána technologie výroby papíru a vlnité lepenky, technologie používané pro zušlechťování papíru a způsoby měření vlastností papírů a lepenek. Jelikož se v této práci počítá s využitím vlnité lepenky pro výrobu nábytku, jsou v teoretické části popsány také konstrukční a ergonomické požadavky na nábytek a možnosti povrchových úprav, které jsou založeny na podobném principu jako zušlechťování papírů. Zlepšují užitečné vlastnosti nábytku a teoreticky mohou být využity i při výrobě nábytku z vlnité lepenky. Praktická část diplomové práce se zaměřuje na testování vlastností vlnité lepenky opatřené vybranými druhy nátěrových hmot. Výsledky měření skupin mechanických a fyzikálních zkoušek jsou vzájemně porovnány. Na jejich základě lze posoudit vhodnost zušlechťování vlnité lepenky nátěrovými hmotami pro využití v nábytkářském průmyslu.

### **Abstract**

This thesis is about processing of corrugated cardboard in furniture design. In theoretical part there is a brief overview of significant trend of paper furniture. Next technology of paper and cardboard making, technologies used in refinement of paper and ways of paper and cardboard properties measurement are described. Since this thesis calculates to use corrugated cardboard for making furniture, theoretical part is also about construction and ergonomics criterias of furniture and about ways of surface finishing, which are based on a similar principle like paper refinement. Practical part of this thesis is concentrated on property testing of corrugated cardboards, which were provided with selected kinds of coating. Results of measurement are compared with each other. Based on that it is

possible to evaluate suitability of corrugated cardboard refinement with coating for using in furniture industry.

**Klíčová slova:**

Papírový nábytek, vlnitá lepenka, zušlechťování papíru a lepenky, recyklace, výroba papíru.

**Key words:**

Paper furniture, corrugated cardboard, refinement of paper and cardboard, recycling

## Obsah

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1       | Seznam tabulek .....   | 4  |
| 2       | Seznam obrázků .....   | 5  |
| 3       | Seznam použitých zkratk .....  | 7  |
| 4       | Úvod .....   | 12 |
| 5       | Cíl práce .....  | 12 |
| 6       | Literární rešerše .....  | 14 |
| 6.1     | Rešerše nábytku z vlnité lepenky .....   | 14 |
| 6.2     | Požadavky na vlastnosti papírového nábytku .....                               | 22 |
| 6.2.1   | Materiálová skladba nábytku .....  | 22 |
| 6.2.2   | Požadavky na konstrukci .....  | 22 |
| 6.2.3   | Ergonomické požadavky .....  | 22 |
| 6.2.4   | Bezpečnost nábytku .....   | 24 |
| 6.3     | Výroba papíru .....  | 24 |
| 6.3.1   | Výroba papíru z dřevních vláken .....  | 24 |
| 6.3.2   | Výroba recyklovaného papíru .....  | 26 |
| 6.3.3   | Výroba vlnité lepenky .....  | 30 |
| 6.4     | Zušlechťování papírů, kartónů a vlnitých lepenek .....                         | 34 |
| 6.4.1   | Zušlechťování ve hmotě .....   | 36 |
| 6.4.2   | Zušlechťování papíru na papírenském stroji .....                               | 36 |
| 6.4.2.6 | Použitím egutéru .....   | 41 |
| 6.4.2.7 | Krepování a mikrokrepeování .....  | 42 |
| 6.4.2.8 | Mramorování (melírování) .....   | 42 |
| 6.4.2.9 | Ražení .....   | 42 |
| 6.4.3   | Zušlechťování vlnitých lepenek .....   | 42 |
| 6.5     | Povrchové úpravy nábytku .....   | 43 |
| 6.5.1   | Hlavní funkce PÚ nábytku .....   | 43 |
| 6.5.2   | Povrchové úpravy suchým způsobem .....   | 44 |
| 6.5.3   | Nátěrové hmoty .....   | 45 |
| 6.6     | Zkoušení fyzikálních a mechanických vlastností papíru, kartónu a lepenek ..... | 50 |
| 6.6.1   | Pevnost v tahu .....   | 50 |
| 6.6.2   | Pevnost v průtlaku .....   | 50 |
| 6.6.3   | Pevnost v dotržení .....   | 50 |
| 6.6.4   | Pevnost v průrazu .....  | 51 |
| 6.6.5   | Pevnost v natržení .....   | 51 |
| 6.6.6   | Pevnost v lomu .....   | 51 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.6.7  | Pevnost v přehýbání .....   | 51 |
| 6.6.8  | Pevnost v kroucení .....  | 51 |
| 6.6.9  | Pevnost ve vzpěru .....   | 52 |
| 6.6.10 | Plošná pevnost.....   | 52 |
| 6.6.11 | Povrchová pevnost .....   | 53 |
| 6.6.12 | Vnitřní vazebná pevnost.....  | 53 |
| 7      | Metodika .....  | 55 |
| 7.1    | Příprava vzorků .....   | 55 |
| 7.2    | Mechanické a fyzikální zkoušky lepenky .....  | 56 |
| 7.3    | Určení použitého papíru ve zkušebních vzorcích .....  | 56 |
| 7.3.1  | Zkouška hranové pevnosti- ECT.....  | 57 |
| 7.3.2  | Zkouška plošné pevnosti – FCT test .....  | 58 |
| 7.3.3  | Pevnost lepenky v průtlaku .....  | 58 |
| 7.4    | Fyzikální zkoušky vlnité lepenky.....   | 59 |
| 7.4.1  | Hodnocení odolnosti povrchu proti působení studených kapalin .....                                  | 60 |
| 7.4.2  | Hodnocení odolnosti povrchu proti působení suchého tepla.....                                       | 64 |
| 7.4.3  | Hodnocení odolnosti povrchu proti působení vlhkého tepla.....                                       | 65 |
| 8      | Výsledky .....  | 66 |
| 8.1    | Hodnocení výsledků mechanických zkoušek.....  | 66 |
| 8.1.1  | ECT test.....   | 66 |
| 8.1.2  | FCT test.....   | 67 |
| 8.1.3  | Zkoušení pevnosti v průtlaku .....  | 68 |
| 8.1.4  | Vyhodnocení zkoušek odolnosti povrchu vůči studeným kapalinám ve zkušebním intervale 1 hodina.....  | 70 |
| 8.1.5  | Vyhodnocení zkoušek odolnosti povrchu vůči studeným kapalinám ve zkušebním intervale 16 hodin ..... | 71 |
| 8.1.6  | Hodnocení odolnosti povrchu vůči působení suchého tepla .....                                       | 73 |
| 8.1.7  | Hodnocení odolnosti povrchu vůči působení vlhkého tepla .....                                       | 73 |
| 8.1.8  | Celkové hodnocení.....  | 74 |
| 9      | Diskuze.....  | 75 |
| 10     | Závěr .....   | 78 |
| 11     | Zdroje:.....  | 80 |

## 1 Seznam tabulek

Tab.č. 1– Označení typů vlnité lepenky

[http://www.printmediaacademy.cz/download/tahak03\\_Papir2.pdf](http://www.printmediaacademy.cz/download/tahak03_Papir2.pdf)

Tab.č. 2 – Vlastnosti tavenin pro válcové nanášení, J. Macháň, Obalová technika I.

Tab.č. 3 – Vlastnosti nátěrových filmů – org. rozpouštědla, J. Macháň, Obalová technika I.

Tab.č. 4 – Vlastnosti nátěrových filmů – vodní disperze, J. Macháň, Obalová technika I.

Tab.č. 5 – Zkušební intervaly při zkoušení odolnosti povrchu vůči kapalinám, ČSN EN 12720+A1

Tab.č. 6 – Číselná klasifikace poškození způsobeného kapalinami, ČSN EN 12720+A1

Tab.č. 7 - Číselná klasifikace poškození způsobeného teplem, ČSN EN 12722

Tab.č.8 – Výsledné hodnoty ECT testu, vlastní data

Tab.č.9 – Výsledné hodnoty FCT testu, vlastní data

Tab.č.10 – Výsledné hodnoty zkoušky odolnosti v průtlaku, vlastní data

Tab.č.11 – Číselné hodnocení poškození způsobeného kapalinami– lepenka bez PÚ, vlastní data

Tab.č.12 - Číselné hodnocení poškození způsobeného kapalinami – nitrolak, vlastní data

Tab.č.13 - Číselné hodnocení poškození způsobeného kapalinami – Sportakryl, vlastní data

Tab.č.14 - Číselné hodnocení poškození způsobeného kapalinami – Polyurex, vlastní data

Tab.č.15 – Číselné hodnocení poškození způsobeného kapalinami – lepenka bez PÚ, vlastní data

Tab.č.16 - Číselné hodnocení poškození způsobeného kapalinami – nitrolak, vlastní data

Tab.č.17 - Číselné hodnocení poškození způsobeného kapalinami – Sportakryl, vlastní data

Tab.č.18 - Číselné hodnocení poškození způsobeného kapalinami – Polyurex, vlastní data



Tab.č.19 - Číselné hodnocení poškození způsobeného suchým teplem, vlastní data

Tab.č.20 - Číselné hodnocení poškození způsobeného vlhkým teplem, vlastní data

Tab.č.21 – Výsledné hodnocení vlastností lepenky s vybranými druhy NH, vlastní data

## 2 Seznam obrázků

Obr.č.1 - Křeslo - Frank O. Gehry

<http://www.netropolitan.org/gehry/chair2.html>

Obr.č.2 - Frank O. Gehry - židle

<http://www.design-museum.de/en/collection/100-masterpieces/detailseiten/wiggle-side-chair-frank-o-gehry.html>

Obr.č.3 - Stolička a dětská židle – David Graas

<http://visite->

[besign.com/site/community.php?pageNum\\_Recordset1&id=145&cat=productdesign](http://visite-besign.com/site/community.php?pageNum_Recordset1&id=145&cat=productdesign)

Obr.č.4 - Skládací stůl - Sruli Recht

<http://www.betterlivingthroughdesign.com/furnishings/cutting-table-no-1-by-sruli-recht/>

Obr.č.5 - Chick 'n' Egg chair- Manuel Kretzer

<http://www.babble.com/home/chicken-or-the-egg-chair-its-both/>

Obr.č.6 - Variabilní křeslo stohovatelné police- Diefabrik

<https://myhouseismycastle.wordpress.com/2012/08/28/cardboard-furniture-by-diefabrik/>

Obr.č.7 - Dětský nábytek - Cardboard Guys

<http://www.thecardboardguys.com/furniture/#about-the-furniture-1>

Obr.č.8 - Stínidlo, Giles Miller

<http://inhabitat.com/corrugated-cardboard-lamp-by-giles-miller/giles-miller-corrugated-cardboard-lamp-recycling-cardboard-sustainable-design-recycled-cardboard-furniture-cardboard-fluting-farm-designs-farmdesignscouk/>

Obr.č.9 - Originální svítidlo, Hemmesphere

<http://www.hemmesphere.co.uk/>

Obr.č.10 - Skládací postel, IT design

<http://www.designbuzz.com/10-cardboard-bed-designs-sustainable-sound-sleep/>

Obr.č.11 - Restaurace z papíru, Taiwan

<http://www.bitrebels.com/lifestyle/cardboard-design-elegant-restaurant/>

Obr.č.12 - Restaurace z papíru, Taiwan

<http://www.bitrebels.com/lifestyle/cardboard-design-elegant-restaurant/>

Obr.č.13 - Křeslo, Kube design

<http://www.kubedesign.it/en/product/clorinda-poltrona-052.html>

Obr.č.14 - Papírové police PUZZLE, vlastní fotografie

Obr.č.15 - princip rozvláknění a čištění sběrového papíru

[https://www.xeikon.com/downloads/QA\\_P-Challenges-in-Paper-Recycling.pdf](https://www.xeikon.com/downloads/QA_P-Challenges-in-Paper-Recycling.pdf)

Obr.č.16 - Schéma papírenské linky, Macháň, Obalová technika II

Obr.č.17 - Schéma papírenské linky, Macháň, Obalová technika II

Obr.č.18 - ECT test, vlastní fotografie

Obr.č.19 - FCT test, Pilous-packaging

Obr.č.20 - Pevnost lepenky v průtlaku, vlastní fotografie

Obr.č.21 - Filtrační papíry se zkušebními kapalinami na testovaném vzorku, vlastní fotografie

Obr.č.22 - Zkouška odolnosti vůči suchému teple, vlastní fotografie

Obr.č.23 - Zkouška odolnosti vůči působení vlhkého tepla, vlastní fotografie

Obr.č.24 - Lepenkový zkušební vzorek po provedení ECT testu, vlastní fotografie

Obr.č.25 - Deformace vlnité lepenky po FCT testu, vlastní fotografie

Obr.č.26 - oblast poškození vzorku po provedení zkoušky pevnosti v průtlaku, vlastní fotografie

Obr.č.27 - Prostup vlhkosti vzorkem během zkoušky odolnosti vůči vlhkému teple, vlastní fotografie

### **3 Seznam použitých zkratk**

PÚ- povrchové úpravy, NH – nátěrové hmoty, PUR – polyuretan, PA – polyamid, NC – nitrocelulóza, PVC – polyvinylchlorid, PVAC – polyvinylacetát, PP – polypropylen, PE – polyethylen, MF – melaminformaldehyd, PVDC – polyvinylidenchlorid, PMA- polymethylakrylát, F – fenolové pryskyřice, S – silikony, FCT – flash crash test, ECT – edge crash test

## 4 Úvod

Papír je materiál s velmi dlouhou tradicí a je také jedním z nejdůležitějších vynálezů v historii lidstva. Princip výroby papíru se od prvopočátků příliš nezměnil, stále je při výrobě využíváno opětovné spojování rozmělněných částic za pomoci pojiv a dalších doprovodných látek. Avšak ruční práce byla nahrazena výkonnými stroji, moderní technologie umožnily vyrábět obrovská množství papíru. Díky tomu se mohlo využití papíru rozšířit do mnoha odvětví. V současnosti je poměrně zajímavým fenoménem papírový nábytek.

V dnešní době je stále častěji kladen velký důraz na ekologii ve všech odvětvích průmyslu. Velmi často skloňovaným pojmem je environmentální profil výrobku. Tento pojem označuje určení všech významných faktorů, jimiž výrobek působí na životní prostředí v průběhu svého celého životního cyklu, tj. od získávání surovin přes výrobu, užití a závěrečnou likvidaci.<sup>1</sup> Jinak tomu není ani v nábytkářském průmyslu. Tento trend vedl designéry k využívání papíru při navrhování nábytku. Papír je zpracováván v mnoha podobách, jednou z často využívaných forem papíru je vlnitá lepenka. Tento materiál je poměrně levný a snadno opracovatelný. Jeho další velmi významnou výhodou je i minimální negativní vliv na životní prostředí. Při výrobě vlnité lepenky je totiž z většiny využíván recyklovaný papír. Po uplynutí doby, kdy je tento materiál využíván, je rovněž jednoduchá jeho další recyklace případně likvidace. Podstatnou nevýhodou lepenky oproti tradičním materiálům pro výrobu nábytku je její menší pevnost a trvanlivost. Tuto problematiku mohou alespoň částečně řešit různé druhy zušlechťování již v procesu výroby lepenky nebo různé druhy povrchových úprav prováděné již na dokončené archy vlnité lepenky.

## 5 Cíl práce

Cílem této práce je nejen vytvoření uceleného přehledu o problematice papírového nábytku, ale také výčet možných metod zušlechťování papíru pro použití v nábytkářském průmyslu. Jednou z možností zlepšování kvalitativních vlastností papíru je aplikování

---

<sup>1</sup> REMTOVÁ, Ekodesign

nátěrových hmot, práce se tedy rovněž zabývá přehledem povrchových úprav využívaných pro výrobu nábytkových dílců. Získané poznatky o výrobě, zušlechťování papíru a povrchových úpravách nábytku jsou v praktické části diplomové práce využity pro výběr konkrétních povrchových úprav, které by bylo možné v praxi aplikovat na vlnitou lepenku určenou pro výrobu papírového nábytku.

Vhodnost jednotlivých druhů povrchových úprav bude ověřena formou fyzikálně-mechanických zkoušek lepenkových, povrchově upravených vzorků. Konečným výstupem bude porovnání naměřených dat podle požadovaných parametrů povrchově opracované lepenky. Mezi tyto parametry patří především:

- odolnost vůči vlhkosti
- zvýšení pevnosti lepenky při mechanickém namáhání
- estetičnost
- ekologičnost
- ekonomická výhodnost
- snadná aplikace

Na základě tohoto hodnocení mohou být doporučeny vhodné zušlechťovací metody, které zlepšují vlastnosti vlnité lepenky potřebné pro využití při výrobě nábytku. Na rozdíl od zušlechťovacích metod využívaných ve velkých papírenských závodech, by použití vhodných povrchových úprav aplikovaných již na hotovou lepenku bylo výhodné především pro drobné výrobce a designéry papírového nábytku. Pro výrobu nábytku by nemusela být nakupována drahá zušlechtěná lepenka, nýbrž obyčejná vlnitá lepenka, jejíž vlastnosti by byly vylepšeny přímo u výrobce nábytku podle požadovaných vlastností. Kromě nové vlnité lepenky by vhodně zvolená metoda povrchové úpravy umožňovala také využívání odpadového materiálu, který sice může být znovu recyklován, ale během procesu recyklace postupně dochází ke snižování kvality papírových vláken a nezanedbatelné jsou také energetické a materiální vstupy potřebné při recyklaci papíru.

## **6 Literární rešerše**

### **6.1 Rešerše nábytku z vlnité lepenky**

Jak již bylo v úvodu práce naznačeno, využívání papíru se ve 20. století rozšířilo do mnoha odvětví, ve kterých dominovaly a stále dominují naprosto odlišné materiály. Papír a materiály na jeho bázi si však mezi nimi dokázaly získat prostor a uznání. Pravděpodobně nejdůležitější vlastností papíru, která zajistila jeho rozšíření do mnoha výrobních odvětví je jeho ekologičnost. Hned na úvod je však zapotřebí uvést tento pojem na pravou míru. Samotná výroba papíroviny z prvotních zdrojů (tj. dřevní hmoty) je totiž výrazně náročná na množství potřebných surovin, energie a vody. Následně je však snadné již jednou vyrobený papír recyklovat a využívat pro výrobu neméně kvalitních materiálů. A právě recyklovaný papír se v posledních desetiletích prosadil v mnoha oborech. Kromě obalového průmyslu, kde recyklovaný papír hraje zcela nezastupitelnou roli, se stále častěji využívá v produktovém designu, nábytkovém průmyslu i v architektuře.

Výroba papírového nábytku se v posledních letech stále častěji skloňuje v magazínech a knihách zabývajících se nábytkovým designem, stejně tak na nábytkových veletrzích velmi často narazíte na výrobky z tohoto materiálu. Nejedná se však o úplnou novinku. Vždyť už v 70. letech tvořil nábytek z lepenky architekt a designer Frank O'Gehry, mimo jiné autor Tančícího domu v Praze. V roce 1969 navrhl odpočivné křeslo s podnožkou, které bylo tvořeno vrstvením proužků vlnité lepenky. Výsledkem byl velice originální, na první pohled ledabyly působící sedací komplet. O dva roky později dal svému dalšímu lepenkovému produktu už sofistikovanější tvary a vznikla Curvy corrugated cardboard chair. Později pak vytvořil celou řadu dalších zajímavých počínů z vlnité lepenky.



*Obrázek 1 Křeslo - Frank O. Gehry*



Obrázek 2 Frank O. Gehry - židle

Právě vlnitá lepenka je dle dostupných informací nejčastěji využívanou formou papíru při výrobě nábytku. Díky svojí struktuře nabízí širokou škálu možných způsobů zpracování. Velmi častou technologií při zpracovávání vlnité lepenky je využívání žebrových konstrukcí, spojování pomocí zářezů a využívání skladů po vzoru origami. Při vhodně zvoleném tvaru konstrukčních spojů i celého výrobku se tak můžou nejlépe projevit výhodné vlastnosti vlnité lepenky. Výsledný nábytek je totiž lehký, lze ho snadno skládat i následně demontovat bez použití náradí a spojovacích materiálů a zároveň má dostatečnou pevnost. Z této skupiny tvůrců stojí za zmínku například David Graas, Manuel Kretzer či islandské designové studio Sruli Recht. To, že při vhodně zvolené konstrukci může vlnitá lepenka dobře posloužit i k tvorbě více namáhaných kusů nábytku, dokazuje skupina designérů IT design. Díky velice jednoduché, ale pevné konstrukci vytvořili lůžko z vlnité lepenky, které vypadá nejen funkčně ale také velice originálně.



Obrázek 3 Stolička a dětská židle – David Graas



Obrázek 4 Skládací stůl - Sruli Recht



Obrázek 5 Chick 'n' Egg chair- Manuel Kretzer

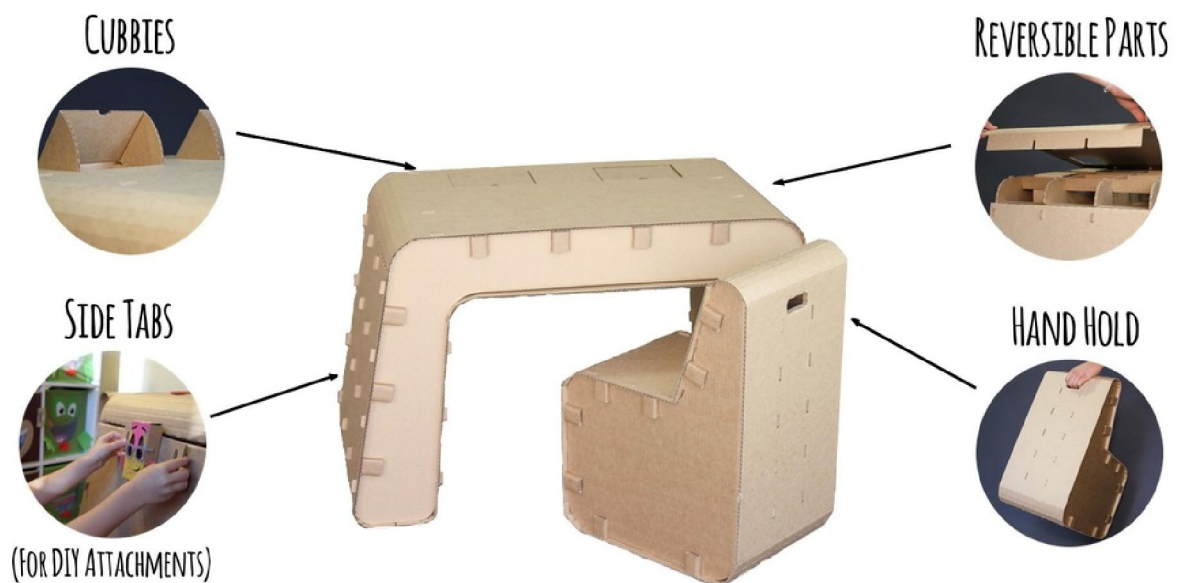
Další možnost, jak zpracovávat vlnitou lepenku při výrobě nábytku, je její vrstvení. Díky této technologii mohou vznikat velice pevné produkty, podmínkou je samozřejmě kvalitní lepidlo, jenž spojuje jednotlivé vrstvy. Tímto způsobem například vytvořil německý designer Stefan Holldobler pro studio Diefabrik jednoduché ale velice funkční a originální police, u nichž se dají jednotlivé segmenty stohovat a uživatel si tak může vytvořit úložný prostor podle svých individuálních potřeb. Za zmínku také rozhodně stojí jeho návrh variabilního sedacího prvku, jehož otáčením si uživatel může zvolit sedací plochu podle své aktuální potřeby.





Obrázek 6- Variabilní křeslo stohovatelné police- Diefabrik

Zajímavý počín vytvořily designéři Jordan Kepler and Justin Farr, kteří svá jména spojily pod názvem Cardboard Guys a navrhli velice odolný nábytek z vlnité lepenky. Například křeslo z jejich kolekce má nosnost téměř 240 kilogramů. Při jeho montáži není zapotřebí žádného nářadí a veškeré spojovací prvky jsou z vlnité lepenky.<sup>2</sup>



Obrázek 7 - Dětský nábytek - Cardboard Guys

Při tvorbě papírového nábytku jsou velmi často využívány CNC plotry, které umožňují jednoduše nařezat i složité tvary do plochy lepenky. Jednotlivé díly jsou následně lepeny

<sup>2</sup> Cardboard guys furniture <http://www.thecardboardguys.com/home#kids-imagination-furniture>

do vrstev a vznikají tak 3D objekty, které velice originálně využívají strukturu vlnité lepenky. Příkladem využití této metody jsou například efektní lustry od londýnského studia Hemmesphere nebo Gilese Millera.



Obrázek 8- Stínidlo, Giles Miller



Obrázek 9 - Originální svítidlo, Hemmesphere

Studio IT design produkuje jednoduchý přenosný nábytek, který díky promyšlené konstrukci vyniká dobrou nosností. Lepenku například využívají pro výrobu konstrukčně jednoduchého, ale praktického skládacího lůžka.



Obrázek 10 - Skládací postel, IT design

Aby byla co nejvíce dokázána všestrannost papíru při interiérové tvorbě, je nezbytné také zmínit papírovou restauraci v Taichung City na Taiwanu která byla vybudována v Carton King Creativity Park a je prakticky celá vybavená výrobky z vlnité lepenky či jinak zpracované papíroviny.<sup>3</sup>



Obrázek 11 - Restaurace z papíru, Taiwan

---

<sup>3</sup> Taiwan restaurant, <http://www.odditycentral.com/pics/taiwans-carton-restaurant-where-everything-except-the-food-is-made-from-cardboard.html>



Obrázek 12 - Restaurace z papíru, Taiwan

V České Republice není nabídka papírového nábytku zatím tak široká jako v zahraničí. Většinu produktů dostupných v Čechách nabízejí v malých sériích nezávislí tvůrci, kteří jsou však neméně zajímaví jako ti zahraniční. Jmenujme si alespoň některé z nich: Michela Horáčková a Ultimated design nebo Nina Grosmanová a Lenka Tománková z Kartondesign. Kube design je další zajímavá značka, která sice není tuzemská, ale jejich produkty jsou u nás k dostání a zaujme širokou škálou nabízených produktů.



Obrázek 13 - Křeslo, Kube design

Bakalářská práce, která předcházela této diplomové práci, a která vyústila k hledání možnosti zlepšení vlastností vlnité lepenky, se věnovala tématu výroby papírového nábytku. Jejím výstupem byl návrh variabilního, skládacího nábytku PUZZLE.





*Obrázek 14 - Papírové police PUZZLE, fotografovala Zuzana Daňková*

Přesto, že recyklovaný papír (lepenka) není nijak zvlášť drahý materiál, většina na trhu nabízeného nábytku z papíru stojí poměrně hodně peněz. Je to způsobeno především tím, že ve většině případů se jedná o designový solitér, na který není kladen požadavek nízké ceny a možnosti velké sériové výroby. Například cena za jediný segment policového systému od studia Diefabrik se pohybuje okolo 60 Eur. Skládací lůžko od skupiny IT design stojí kolem 1500 dolarů. Za tuto cenu lze snadno pořídit tradiční trvanlivější nábytek. Výjimku tvoří papírové skládací krabice, které lze použít jako levnou náhradu úložného nábytku. V současné době je však stále větší důraz kladen na ekologickou produkci a dá se tedy předpokládat, že papírový nábytek jako jedna z možných alternativ bude stále více pronikat do oblasti výroby dostupného nábytku.

V rešerši využití papíru v bytovém designu bychom také neměli opomenout fenomén zvaný Do It Yourself zkráceně DIY. Na internetu lze narazit na tisíce návodů, které sdílejí lidé z celého světa a popisují způsoby, jak si každý může doma vyrobit nejrůznější předměty denní potřeby, doplňky do domu, šperky apod. Recyklování lepenky a papíru celkově zaujímá v tomto trendu velice důležité místo. Recyklováním tohoto materiálu lze vyrobit nepřeberné množství předmětů, které kromě ekologického aspektu mají jednu významnou výhodu – jsou zadarmo. Velmi zajímavým zdrojem návodů pro DIY jsou například internetové stránky <http://thecardboardcollective.com/>, jejichž tvůrci se kromě tvorby návodů věnují workshopům a propagaci výrobků z recyklovaného papíru.

## **6.2 Požadavky na vlastnosti papírového nábytku**

Dimenzování a vlastnosti nábytku musejí odpovídat účelu, pro který byl konkrétní nábytek vytvořen. Konstrukce by měla zajišťovat dostatečnou životnost a odolnost výrobku a musí zajišťovat dobrou funkčnost v předpokládaných podmínkách. Náročnější parametry musejí splňovat výrobky, které jsou určeny do veřejných prostor a bývají vystavovány většímu namáhání.

### **6.2.1 Materiálová skladba nábytku**

Výběr materiálu pro výrobu nábytku je závislý na účelu, ke kterému mají konkrétní výrobky sloužit a také na prostředí, ve kterém bude nábytek používán. Volba materiálu se řídí různými kritérii, z nichž jedno z nejdůležitějších je odolnost vůči vlhkosti. Další velmi často zohledňované vlastnosti jsou například odolnost vůči mechanickému a fyzikálnímu poškození, trvanlivost, stabilita apod.

### **6.2.2 Požadavky na konstrukci**

Konstrukce musí být, stejně jako volba materiálu, přizpůsobena účelu, ke kterému má konečný produkt sloužit. Nábytek musí být konstruován tak, aby nemohla být vlivem obvyklých činností porušena jeho stabilita a funkce a zachovával si tvarovou stálost. Konstrukce musí být řešena tak, aby nevznikaly netěsné konstrukční spoje, skuliny a mezery, které mohou být příčinou vady výrobku, vad ukládaných věcí nebo zranění uživatele. Demontovatelné dílce a součásti musí být zhotoveny s takovou přesností, aby suchá montáž a demontáž mohla být provedena bez dodatečného přizpůsobování. Rozměrnější kusy nábytku musejí být zajištěny proti překlopení.<sup>4</sup> Na jednotlivé typové skupiny nábytku jsou kladeny odlišné škály požadavků (např. lůžkový nábytek, úložný nábytek, sedací nábytek apod.).

### **6.2.3 Ergonomické požadavky**

V současnosti je kladen velký důraz na vyhovující ergonomické vlastnosti nábytku. Rozměry a provedení nábytku by měly být projektovány tak, aby vyhovovaly požadavkům konkrétních skupin uživatelů. Například dětský nábytek musí mít rozměry

---

<sup>4</sup> Nábytkářský informační systém, Základní požadavky, <http://www.n-i-s.cz/cz/konstrukce/page/25/>

odpovídající dětské postavě, nábytek pro seniory má rovněž svá konstrukční specifika, stejně tak nábytek do pracoven, kuchyní atd.

Avšak mluvíme-li o ergonomii nábytku, nelze řešit pouze konstrukci výrobku. Okruhy působení ergonomie jsou dle **Mezinárodní ergonomické asociace (IEA)**: stanoveny takto:

### **Fyzická ergonomie (Somatická)**

Fyzická ergonomie se zabývá vlivem anatomie, antropometrie, fyziologie a biomechaniky člověka. Patří sem např.: bezpečnost, zdraví, kvalita ovzduší, uspořádání prostoru, opakovaná činnost.

### **Kognitivní ergonomie**

Kognitivní ergonomie, nebo-li poznávací, se zaměřuje na psychické procesy (paměť, motorika, usuzování). Patří sem např.: psychická zátěž, rozhodování, dovednosti, spolehlivost, stres, podprahové zvuky, vibrace.

### **Organizační ergonomie**

Je zaměřená na optimalizaci socio-technických systémů, včetně jejich organizačních struktur, strategií, postupů atd. Patří sem např.: komunikace, zajištění pocitu komfortu, plán pracovních časů, týmovou práci, management apod.<sup>5</sup>

Druhá a třetí jmenovaná podskupina oboru ergonomie nabývá významu především v oblasti pracovní činnosti a tvorbě vhodného pracovního prostředí.

---

<sup>5</sup> Nábytkářský informační systém, Ergonomie, <http://www.n-i-s.cz/cz/ergonomie/page/19/>

## **6.2.4 Bezpečnost nábytku**

Pro výrobce nábytku platí, že nelze navrhnout a uvést na trh výrobek, který je nebezpečný. Co je považováno za bezpečný výrobek, je definováno v ČSN 91 0100 Nábytek – Bezpečnostní požadavky a dále v převzatých evropských normách, které řeší bezpečnostní požadavky výrobku a jeho zkoušení. Běžné technické normy nejsou závazné a slouží jen pro zjednodušení smluvního vztahu mezi partnery.

Co se týče papírového nábytku má vzhledem ke struktuře a složení materiálu v některých vlastnostech značné limity. Odolnost vůči vlhkosti, či mechanickému namáhání nedosahuje úrovně dřevěného či kovového nábytku. Vhodně zvolenou konstrukcí však lze dosáhnout velmi dobrých výsledků v pevnosti, stabilitě a tvarové stálosti. Vhodně zvolenými metodami zušlechtnění papíru lze zase výrazně zvýšit odolnost materiálu vůči pronikání vlhkosti a působení kapalin.

## **6.3 Výroba papíru**

Papír, karton i lepenka jsou vyráběny ze stejného materiálu, dřevních vláken. Technologie výroby se také příliš neliší, jediným podstatným rozdílem mezi tiskovým papírem a lepenkou je plošná hmotnost výsledného produktu a podíl prvotně zpracovaných dřevních vláken a recyklovaných dřevních vláken. Kromě dřevních vláken se papír skládá také z vody, plnidel, tmelů, pigmentů a dalších přísad.

Jak již bylo řečeno, výrobu papíru lze rozdělit na výrobu s recyklovaného papíru a výrobu z dřevních vláken.

### **6.3.1 Výroba papíru z dřevních vláken**

Při výrobě papíru ze dřeva lze proces podle způsobu zpracování materiálu rozdělit do tří kategorií:

- Mechanický způsob – polena jsou rozbrušována na vhodně dlouhá vlákna mlecími stroji, vzniklý meziprodukt této části výroby se nazývá bílá dřevovina.
- Chemický způsob – rozvláknění štěpků dřeva v chemikáliích, tímto způsobem vzniká buničina (podle původu se dělí na dlouhovláknitou a krátkovláknitou).



- Polochemický a polomechanický způsob – měkčení polen v parácích a následné rozbroušení nebo nedovaření v chemikáliích.<sup>6</sup>

Mechanickým způsobem rozvláknění lze získat dřevovinu s vysokou výtěžností až 95%, vzniklý produkt ale nemá příliš velkou trvanlivost. Takto získaná surovina bývá bělena, protože papírovina mívá nažloutlou barvu. Tento materiál se používá všeobecně na výrobky, kde není požadovaná příliš dlouhá životnost (novinový papír, katalogy apod.). Při chemickém rozvláknění bývá výtěžnost kolem 60%. Cílem je eliminovat obsah smůly tak, aby vlákna zůstala neporušená a zachovala si svoji pevnost. Takto získaná buničina slouží k výrobě tiskařského papíru, obálek apod. Chemické rozvláknění se provádí dvěma způsoby:

- Alkalický způsob – za pomoci sulfátové, natronové kyseliny
- Kyselý způsob – sulfitová kyselina

V současnosti se už spíše využívá sulfátový proces, moderní sulfátové celulózky bývají energeticky soběstačné, některé produkují dokonce více energie, než spotřebují. Takto získaný papír je velmi pevný a odolný vůči žloutnutí, při nízké výtěžnosti však vzniká velké množství odpadu, který musí být likvidován a bělení je složitější než u kyselého procesu.

Při sulfitovém procesu (kyselý) dochází ke vzniku velkého množství atmosférických emisí a znečišťování vodních toků. Vzniklá buničina má menší pevnost než sulfátová, lépe se ale bělí. Nezanedbatelný negativní dopad na životní prostředí je zásadní nevýhodou tohoto procesu.

### **6.3.1.1 Výroba papíroviny**

Z buničiny a dřevoviny nelze vyrobit dokonalý papír, je nutné je ještě dále mechanicky zpracovávat v tzv. holandrech nebo modernějších průtočných mlýnech. Zde jsou míchány v požadovaném poměru pololátky (buničina, dřevovina, recyklovaná celulóza) podle toho, jaké má mít výsledný papír vlastnosti. V této fázi jsou také přidávány různé minerální látky a barviva, které zušlechťují výsledný produkt a voda, která ředí suspenzi

---

<sup>6</sup> ŠALDA, Papír, kartón, lepenka

na 1% obsah vláken. Po skončení mletí v holandru se papírovina vnitřně klíží přidáváním pomocných látek (např. pryskyřice), aby se snížila savost papíru. Klížení může být prováděno i povrchovým nánosem klíždla na již hotový papír.

### **6.3.1.2 Zplstění papíroviny**

Princip zplstění vláken vodou na sítu vynalezený Cchaj Lunem r. 105 n.l. v Číně se principiálně neliší od dnešní moderní výroby. Zplst'ovací stroje jsou opatřeny sítí, která zachycují vlákna a ostatní pevné látky, zatímco voda jimi protéká. Ruční způsob zplst'ování se dnes téměř nepoužívá, strojní způsob dělíme na dvě kategorie podle druhu zplst'ovacího stroje. Papírovinu lze zplst'ovat na podélném vodorovném stroji s nekonečným sítím (papír, jednovrstvý karton) nebo na válcových sítích (lepenka, několikavrstvé kartony). Voda protéká sítí nejprve vlastní vahou a dochází k ukládání vláken. K dokonalému zplstění je však poté třeba pomoci odsáváním, tlakem a sušením. Každý zplst'ovací papírenský stroj má tři hlavní části:

- Sítová – s podélným nebo válcovým sítím, dochází k odvádění vody její vlastní vahou. Získaná suspenze má obsah vláken okolo 15%
- Lisovací – tlakem je odstraňována další přebytečná voda
- Sušící – vlhký papír prochází sušícími bubny a je dosoušen při teplotě 60-90°C.

Některé papírenské stroje mají před posledními sušícími bubny ještě hladící stolicí, která lehce hladí papír z obou stran. U jiných strojů následuje hladící část za posledními sušícími bubny.

Na konci plstícího stroje vychází v podstatě hotový papír, který je navíjen na kotouče popřípadě dále převíjen a formátován na archy požadovaných rozměrů.<sup>7</sup>

### **6.3.2 Výroba recyklovaného papíru**

Sběrový papír byl využíván i v dobách dávno minulých, sběr a cyklické použití starého papíru není novou myšlenkou. Rozemílání starého papíru je energeticky mnohem méně náročné než získávání papíroviny z dřevních vláken a lze získat velmi kvalitní papír.

---

<sup>7</sup> ŠALDA, Papír, kartón, lepenka

Při výrobě, zpracování a používání papíru a papírenských výrobků vzniká odpadový papír. Pokud je znovu zpracováván pro výrobu papíroviny označuje se jako starý papír a z něj získaná surovina je nazývána termínem sekundární vlákna.

Využívání sekundárních vláken pro výrobu papíru je výhodné hned z několika důvodů:

- Šetří přírodní vlákna -> dřevní hmotu
- Přispívá ke snížení spotřeby paliv, vody a elektrické energie na jednotku výroby papíru
- Zlepšuje ekonomičnost výroby
- Přispívá k ochraně životního prostředí

Pro výrobu recyklovaného papíru jsou využívány různé druhy sběrového materiálu. Aby byla sběrová papírovina co nejefektivněji využita a vzniklý papír dosahoval požadovaných vlastností, je nutné před zpracováním sběrovou papírovinu vytřídit. Sběrový papír lze sice dělit do mnoha skupin a podskupin, pro výrobu recyklovaného papíru je zásadní především dělení do několika hlavních skupin:

- Vlnitá lepenka
- Novinový papír
- Směs papírů
- Papíry z náhražky buničiny
- Bílé papíry vysoké kvality<sup>8</sup>

Převládá zejména mechanické zpracování starého papíru (rozvlákňování, čištění, třídění), do recyklace starého papíru ale bývají zahrnuty i chemické operace.

Chronologie zpracování sběrového papíru vypadá takto:

- Doprava (skladování)
- Rozvolňování
- Rozvlákňování
- Hrubé čištění
- Dovolákňování (mletí)
- Třídění

---

<sup>8</sup> FORSTALL, Industry and trade summary

- Čištění
- Výroba nenáročných obalových papírů (lepenky a kartóny)
- Zesvětlování
- Bělení
- Výroba novinového, časopisového a tissue papíru<sup>9</sup>

Rozvolňování papíru je mechanický proces, během něhož jsou z papíru odstraňovány vazací materiály a balíky papíru se nakypřují, aby byl papír přístupný vodě, páře a přídatným chemikáliím.

Rozvlákňování je založeno na principu otáčení papíru ve válcových bubnech. Otáčením válce je papír vynesena do horní polohy. Odkud přepadává, tím se mísí a částice se navzájem odírají. Rozvlákňovače mívají přídatné odlučovače těžkých nečistot. Operace rozvolňování a rozvlákňování se mohou odehrávat ve stejném stroji za postupného mechanického a hydrodynamického působení. Zpracování sběrového papíru za působení zvýšené teploty (okolo 100°C) se uplatňuje v případech, kdy je potřeba uvolnit zušlechťovací látky na bázi vosků.

Během procesu hrubého čištění dochází k selekci vhodných vláken pro výrobu papíru od nevláknitých součástí. Jedná se o základní operaci při zpracování velmi znečištěného sběrového papíru.

Dovláknování papíroviny ze sběrového je náročnou operací, jelikož velký podíl starého papíru byl upravený proti účinkům vlhkosti, na zvýšení pevnosti, natíráním, kaširováním apod. Často se proto velmi pomalu rozvlákňuje a v této fázi je zapotřebí oddělit vlákna od fólií, rozrušit vrstvy nátěru, pevnost lepení mezi vrstvami papíru a mezivláknové vazby.

Během třídění se provádí tzv. frakcionace. Jsou od sebe oddělována vlákna s různou průměrnou délkou vláken. Oddělené frakce vláken se mohou používat pro výrobu jednotlivých vrstev vícevrstvých kartónů, nebo se odlišné frakce použijí pro výrobu různých papírů.

Při čištění papíroviny se získává požadovaná jakost materiálu. Využívají se k tomu výrově či vibrační třídiče nebo tzv. písečníky.<sup>10</sup>

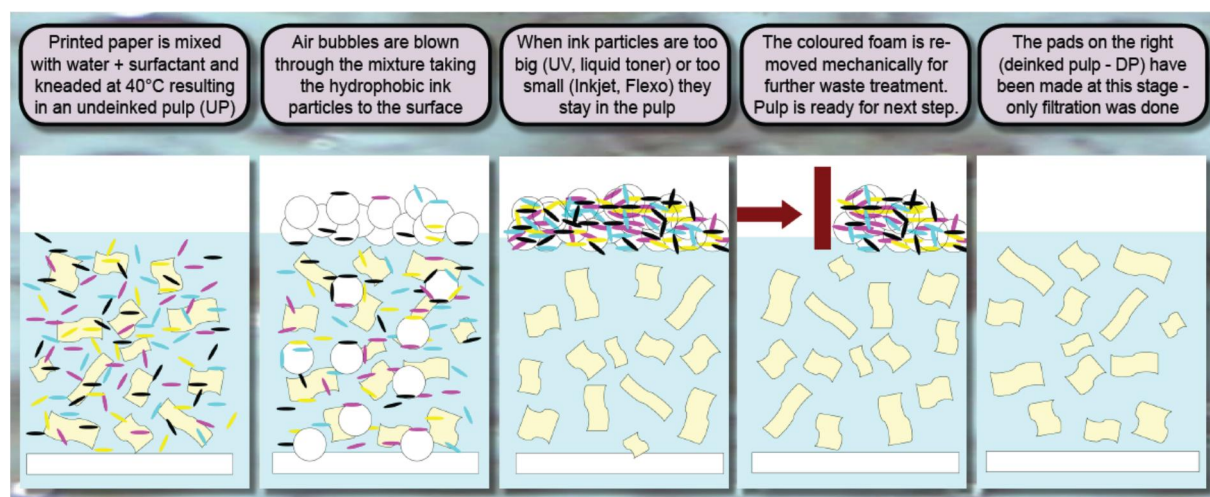
---

<sup>9</sup> BLAŽEJ, Technológia výroby papiera

<sup>10</sup> KORDA, Papírenská encyklopedie

Zesvětlování (deinking) slouží k uvolnění tiskových barev a dalších nečistot z povrchu vláken a jejich následnému oddělení od papíroviny. Provádí se třemi možnými způsoby: vypírání, flotace, potenciálním vírem. Asi nejčastěji používanou technologií je flotace, kdy jsou nečistoty unášeny vzduchovými bublinkami na povrch. Princip flotace znázorňuje obr. 14.

Během bělení se dosahuje zlepšení optických vlastností papíroviny. Pro sekundárních vláken lze používat veškeré chemikálie využívané při bělení buničin a dřevovin. Je to například peroxid sodný a sloučeniny chlóru.



Obrázek 15 – princip rozvláknění a čištění sběrového papíru, xeikon.com

### 6.3.2.1 Zplst'ování papíroviny

Zpracovaná a zušlechtěná druhotná vlákna jsou následně ve vhodném poměru smíchávána s prvotními vlákny a zplst'ování probíhá stejným způsobem jako u výroby nového papíru (viz kapitola Výroba papíru).

### 6.3.2.2 Vlastnosti vláken ze sběrového papíru

Při rozvláknování a mletí sběrového papíru pro následné využití při výrobě papíroviny nedochází k úplné regeneraci vláken a vlákna jsou navíc vlivem použité technologie dále poškozována. Starý papír je špinavější, vlákna jsou křehčí a mají sklon k tvorbě jemného podílu, který je odebírán při čištění papíroviny a způsobuje materiálové ztráty. Výběr

jakosti vláken pro výrobu určitého druhu papíru je podmíněný technologickými a ekonomickými ukazateli. Druhotná vlákna lze recyklovat přibližně 7x.

Starý papír přicházející do papírny obsahuje různé příměsi, jako klišy, plniva, syntetické pomocné prostředky, tiskové barvy a kromě toho je navíc znečištěn různorodými cizorodými látkami.<sup>11</sup> Problematika odstraňování těchto látek je v odborné literatuře často zmiňovaným tématem, protože některé z těchto látek výrazně znesnadňují recyklaci sběrového papíru. V anglicky psané literatuře jsou tyto látky označovány jako tzv. stickies a definuje je jako lepkavé částičky většinou organické povahy, které vznikají přeměnou pomocných látek v papíře během procesu recyklace. Tyto částičky mají tendenci shlukovat se a způsobují problémy při přesunu papíroviny na papírenská síta a jakostní vady ve výsledném produktu. Tyto shluky mohou obsahovat tiskařské barvy, plastické hmoty a různá aditiva využívaná při výrobě papíru. Ačkoliv současné době není papírenský průmysl ještě stoprocentně schopen odstraňovat tyto nežádoucí látky, vývoj čistících technologií jde stále dopředu, což je způsobeno také tím, že celosvětová spotřeba papíru každým rokem stoupá a je nutné hledat cesty jak využívat recyklovaný papír obsahující tyto lepkavé částičky.<sup>12</sup>

### 6.3.3 Výroba vlnité lepenky

Kartonáže z vlnité lepenky patří v obalové technice mezi nejpoužívanější materiály. Vynález vlnité lepenky se přikládá Američanu J. Jonesovi, který si v roce 1871 nechal jako první patentovat jednovrstvou vlnitou lepenku, která nahrazovala slámové obložení, jenž sloužilo jako ochrana lahví při přepravě v krabicích. Postupně byla jednovrstvá lepenka zlepšována různými výrobci na vícevrstvé materiály a získala si v obalové technice nesmírnou popularitu. Největší boom v používání nastal v poslední čtvrtině 19. století a popularita vlnité lepenky přetrvává dodnes.<sup>13</sup>

Vyrábí se slepováním několika vrstev papíru a kartónu, při němž se vždy sudá vrstva zvlní. Podle počtu vrstev rozeznáváme dvouvrstvou až sedmivrstvou lepenku. Její

---

<sup>11</sup> BLAŽEJ, *Technologia výroby papiera*

<sup>12</sup> HENDRY, *Wood as renewable raw materiál, Pulp paper and board*

<sup>13</sup> MACHÁŇ, *Obalová technika II*

objemová hmotnost bývá kolem 140 kg/m<sup>3</sup> a průměrná plošná hmotnost se pohybuje v rozmezí 530-550g/m<sup>2</sup>.<sup>14</sup>

Vlnitá lepenka je vyráběna na lince skládající se ze souboru strojů, který má tyto hlavní části:

- Zvlňovací stroj
- Slepovací stroj
- Řezačky s odebíracím strojem

Ve zvlňovacím stroji je papír nejprve zahříván, čímž se stává pružnější a následně je přechodem přes zvlňovací válečky vytvářeno zvlnění.<sup>15</sup> Zvlněná vrstva lepenky může být vyrobena z buničiny z listnatých stromů s obsahem dřevních vláken min. 65%. Tato zvlněná vrstva se nazývá Fluting a může obsahovat maximálně 35% sběrového papíru. V drtivé většině případů se pro výrobu vlnité lepenky používá právě Fluting.<sup>16</sup> Zvlněná vrstva může být také vyrobena ze 100% se sběrového tříděného papíru. Potom se označuje pojmem Wellenstoff.<sup>17</sup> Pokud je vlnitá lepenka určena do prostředí, kde není vyžadována příliš vysoká kvalita materiálu, může být na vlnu použit také tzv. šedák, který je vyroben z odpadového méně kvalitního papíru (například z tiskovin, šedé lepenky).

Slepovací stroj má za úkol slepit zvlněnou vrstvu lepenky s krycí vrstvou, případně slepit několik dvouvrstvých (skládajících se z jedné krycí a jedné zvlněné vrstvy) pásů do vícevrstvé lepenky. Na vrcholy vlny je nanášeno lepidlo a zvlněná vrstva je spojována s krycími vrstvami. Na krycí vrstvu mohou být použity různé druhy papírů, ale nejčastěji se využívá papír vyrobený z nebělené sulfátové buničiny s plošnou hmotností od 115 do 440g/m<sup>2</sup>. Tento materiál vyniká dobrou pevností a označuje se názvem Kraftliner. Tento papír se vyrábí v přírodní nebělené barvě nebo bývá opatřen bílou krycí vrstvou tzv. white top. Kartony s bílou krycí vrstvou se používají především pro výrobu náročněji potiskovaných obalů nebo reklamních panelů. Druhou často používanou variantou krycí vrstvy je papír ze 100% tvořen sběrovým papírem, přičemž pohledová strana krycí vrstvy bývá z důvodu následného potiskování tvořena jakostnějším sběrovým papírem. Tento druh papíru se nazývá Testliner. U některých dvouvrstvých vlnitých lepenek s velmi

---

<sup>14</sup> DOLEŽAL, Hladké a vlnité lepenky

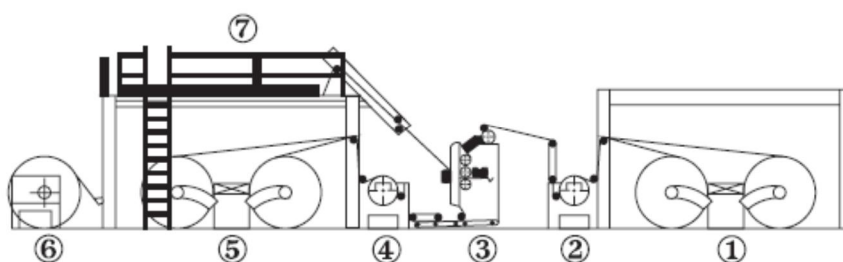
<sup>15</sup> DONÁT – Materiály na výroby z papírů a lepenek

<sup>16</sup>MACHÁŇ, Obalová technika II

<sup>17</sup> Mladý obal, vlnitá lepenka

jemnou vlnou, která zároveň zastává funkci estetického prvku, se využívají jakostní materiály se speciálními úpravami. Využívá se při tom potiskování, barvení, metalizování apod.

Následují řezačky a odebírací stůl, které slouží k podélnému a příčnému rozřezávání hotové lepenky na požadované formáty. Případně může být hotová lepenka v podobě nekonečného pásu navijena na kotouče.<sup>18</sup> Rozdíl mezi těmito dvěma způsoby výroby lepenky znázorňují schémata na obrázku 15 a 16



Obr. 23

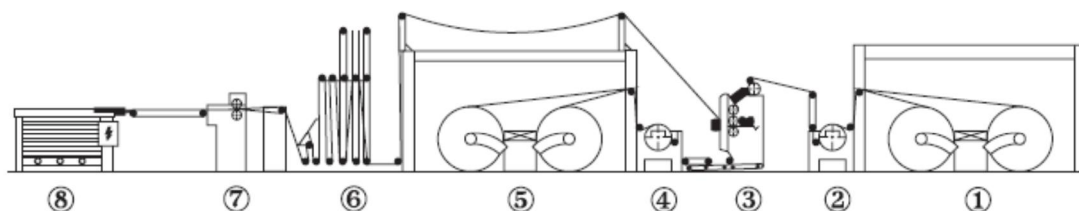
Schéma stroje na výrobu dvouvrstvé vlnité lepenky navíjené do kotoučů:

- 1 - odvíjecí stojan zvlňované vrstvy
- 2 - předehřívací válec
- 3 - zvlňovací stolice
- 4 - předehřívací válec
- 5 - odvíjecí stojan krycí vrstvy
- 6 - navíjecí stojan dvouvrstvé vlnité lepenky
- 7 - převáděcí most (příp. s podélnou řezačkou)

Obrázek 16- Schéma papírenské linky, Macháň, Obalová technika II

<sup>18</sup> MACHÁŇ, Obalová technika II





Obr. 24

Schéma stroje na výrobu dvouvrstvé vlnité lepenky řezané na archy:

- 1 - odvíjecí stojan zvlňované vrstvy
- 2 - předehřívací válec
- 3 - zvlňovací stolice
- 4 - předehřívací válec
- 5 - odvíjecí stojan krycí vrstvy
- 6 - zásobník s tažným zařízením (klimatizace slepené dvouvrstvé vlnité lepenky, zajišťující rovinnost archů ve stohu)
- 7 - příčná řezačka (případně i podélná řezačka)
- 8 - stohování

Obrázek 17- Schéma papírenské linky, Macháň, Obalová technika II

Vlnité lepenky se rozlišují podle počtu vrstev, u kterých se pravidelně střídá vždy jedna zvlněná vrstva s jednou rovnou krycí vrstvou.

Rozlišujeme tedy vlnité lepenky:

- dvouvrstvé
- třívrstvé
- pěti vrstvé
- sedmi vrstvé

Rozdíly mezi druhy vlnitých lepenek jsou rovněž dány výškou zvlněné vrstvy. Podle výšky vlny dělíme lepenky do kategorií O,G,F,E,B,C,A,K,D. V praxi se však běžně používají pouze vlnité lepenky z kategorií: F,E,B,C,A, případně jejich kombinace. <sup>19</sup> Přehled rozměrů vlny jednotlivých kategorií uvádí následující tabulka.

<sup>19</sup> DOLEŽAL, Ivan, Hladké a vlnité lepenky - nejrozšířenější obalové materiály

Tabulka 1 Označení typů vlnité lepenky v závislosti na velikosti vlny

| Vlna | Výška (mm) | Roztečná vzdálenost (mm) | Faktor zvlnění |
|------|------------|--------------------------|----------------|
| O    | 0,30       | 1,25                     | 1,14           |
| G    | 0,50       | 1,80                     | 1,21           |
| F    | 0,75       | 2,40                     | 1,22           |
| E    | 1,16       | 3,50                     | 1,24           |
| B    | 2,50       | 6,60                     | 1,31           |
| C    | 3,66       | 7,95                     | 1,42           |
| A    | 4,45       | 8,66                     | 1,53           |
| K    | 6,00       | 11,70                    | 1,50           |
| D    | 7,50       | 14,96                    | 1,48           |

#### 6.4 Zušlechťování papírů, kartónů a vlnitých lepenek

Během historie výroby papíru bylo vynalezeno množství různých úprav papíru. Zušlechťovací technologie jsou prováděny v mnoha variantách a kombinacích. Technologie se mohou lišit ve způsobu aplikace, v mechanismu zušlechťování a v lokaci místa, kde způsobují změnu vlastností materiálu (vnitřní struktura, povrch papíru). Nejčastěji jsou zušlechťovací technologie využívány ke zlepšení odolnosti papíru vůči pronikání kapalin, avšak častým důvodem zušlechťování je také například zlepšení pevnosti při namáhání různými způsoby, zlepšení odolnosti vůči biologickým vlivům či pouhé dosažení kýženého estetického působení.<sup>20</sup>

Vlnitá lepenka je v obalovém průmyslu nejhojněji zastoupeným materiálem. Vlastnosti obalového materiálu však často musí splňovat velmi odlišná kritéria. Vlnitá lepenka, jakožto materiál z přírodních surovin, často sama o sobě nemůže vyhovět nárokům na

<sup>20</sup> BANIK, BRÜCKLE, Paper and Water A guide for conservators

ochranu výrobků před vlhkostí, klimatickými podmínkami, škůdci, chemikáliemi apod. Z tohoto důvodu se při výrobě využívají různé zušlechťovací technologie. Procesy zušlechťování jsou nejčastěji zařazeny do fáze papírenské prvovýroby. Již zušlechtěná lepenka je posléze dodávána výrobcům obalových materiálů a obalů, kteří odebírají podle účelu použití materiál s konkrétními požadovanými vlastnostmi. V některých případech se však k procesu zlepšování požadovaných vlastností přistupuje ve fázi výroby obalových polotovarů (například natírání krabicových přířezů) nebo na samém konci procesu výroby produktu (impregnování hotových kelímků). V publikaci Obalová technika (Ing. J. Macháň) jsou uváděny tyto důvody aplikaci zušlechťovacích technologií:

- Odolnost proti vlhkosti
- Nepropustnost pro vodu a vodní páry
- Nepropustnost pro plyny (N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)
- Nepropustnost pro tuky
- Nepropustnost pro aromatické látky
- Adhezivní a dehezivní vlastnosti
- Nehořlavost a antikorozivní vlastnosti
- Fungicidní, baktericidní a insekticidní působení
- Lesk, odražení dopadajícího světla

Zušlechťováním se zvyšují požadované vlastnosti papíru, kartónu a lepenek (dále jen papír), nežádoucí vlastnosti se odstraňují, nebo alespoň potlačí. Zušlechťování papíru se dá základně rozdělit takto:

- Zušlechťování ve hmotě (v holandru) - v jednotlivých fázích výroby
- Zušlechťování na papírenském stroji
- Zušlechťování mimo papírenský stroj

Některé druhy papíru jsou však zušlechťovány ve všech vyjmenovaných úsecích. Papíry lze zušlechťovat mechanickými způsoby nebo fyzikálně-mechanickými, popř. oběma způsoby současně.

### **6.4.1 Zušlechtování ve hmotě**

Do papíroviny jsou v holandru (popřípadě v jiné fázi zpracování papíroviny) přidávány pomocné papírenské prostředky (PPP). Nejčastěji se jedná o parafinové disperze, škrobové nebo celulózové deriváty, plasty, bitumenové disperze apod.

Parafinové a voskové disperze se využívají především pro zušlechtování tiskových papírů, zlepšují jejich rovinnost, pevnost povrchu, rozměrovou stálost a jiné vlastnosti a tím celkovou potiskovatelnost. Celulózové a škrobové deriváty rovněž upravují rovinnost a hladkost papíru, takže se dá dobře potiskovat. Plasty, například močovinoformaldehydové a melaminové pryskyřice, polyethylenamin aj., dodávají papíru pevnost za mokra i za sucha, povrchovou pevnost a tažnost.<sup>21</sup>

### **6.4.2 Zušlechtování papíru na papírenském stroji**

V jednotlivých úsecích výroby na stroji s podélným sítem či válcovými síty lze aplikací různých zušlechtovacích úprav dosáhnout žádoucích vlastností papír. Zlepšení jakosti lze dosáhnout například těmito způsoby:

#### **6.4.2.1 Nalisováním krycí vrstvy**

Na papír se nalepí list jiného papíru vhodných vlastností nebo kovová fólie, fólie z plastu, tkanina apod. Vrstvená hmota na základě svých termoplastických vlastností vytvoří na povrchu materiálu souvislou vrstvu a spolu s vrstveným materiálem vytvoří souvislý útvar. Papíry tak získávají lepší vzhled, omyvatelnost, nepromastitelnost, spájitelnost za tepla, malou propustnost pro vodní páry a jiné požadované vlastnosti.

Při vrstvení jsou na podkladový materiál nanášeny taveniny plastických hmot, které po vychlazení a vytvrzení vytvářejí vrstvu plastu, jenž dodává materiálu výborné funkční vlastnosti pro využití v obalovém průmyslu.

#### **6.4.2.2 Extruzní vrstvení**

Granulát zušlechtovacího polymeru je nejprve roztaven ve šnekové komoře a následně vytlačován hubicí v určité šíři. Vzniklý film spádem dopadá na podkladový materiál. Po

---

<sup>21</sup> ČANĚK a kolektiv, Technologie papíru

nanesení taveniny je vzniklý film okamžitě schlazen a vzniká fólie, která spolu s podkladovým materiálem tvoří laminát. V papírenském průmyslu, a u nás často frekventovaný výraz clonové natírání, se používá výlučně v souvislosti s nanášením tavenin plastů.<sup>22</sup>

### 6.4.2.3 Válcové nanášení taveniny

Druhým způsobem jak nanášet zušlechťovací taveniny na papír je válcové nanášení. V tomto případě se látka v podobě granulí nebo prášku dávkuje do násypky. Odtud se dostává mezi dva vyhřívané válce, které jí ohřejí na potřebnou teplotu a nataví. V následující fázi je tavenina další válcovou soustavou nanášena na podkladový materiál, poté dochází pomocí přítlačného a chladicího válce ke spojení vrstveného materiálu a zušlechťovací látky.

A. Donát uvádí, že mezi nejčastěji používanými materiály pro výrobu rovinných fólií jsou celofán (regenerovaná celulóza), acetát celulózy, acetobutyrátová fólie, etylcelulózová fólie a polyvinylchloridová fólie. Avšak u celofánu a fólií na bázi celulózy autor uvádí některá funkční omezení. Celofánové fólie jsou například méně odolné vůči vlhkosti, acetát celulózy může být vlivem použitých změkčovadel zdravotně závadný, acetobutyrátová fólie zase nevyhovuje příliš vysokou teplotou tání při zpracování. Vyzdvihováno je naopak používání PVC fólií, které i při malé tloušťce materiálu vykazují výbornou pevnost, malou nasákavost a odolnost vůči chemikáliím. Zdrojová publikace z roku 1963 je však již značně zastaralá a pohled na hojně využívání PVC fólií se v posledních desetiletích významně změnil. Například Květoslava Remtová ve své publikaci Ekodesign vydané ministerstvem životního prostředí uvádí výrazné omezení využívání výrobků z PVC jako jeden z velmi důležitých bodů při aplikování ekologického a zdravého přístupu v produktovém designu. Látky uvolňující se z PVC materiálů mohou být totiž karcinogenní. Karcinogenost výrobků s přídavkem PVC zmiňují rovněž Skalický a Vondráková (Speciální vláknité struktury). V aktuálnější publikaci (Obalová technika II) jsou jako nejčastěji používané materiály pro laminování uváděny polyetylen (PE), polypropylen (PP) a polyamid (PA). Vlastnosti uvedených tavenin znázorňuje tabulka č.2

---

<sup>22</sup> Papír a celulóza, 12/ 2007,62, str.41 1

Tabulka 2 -Vlastnosti tavenin pro válcové nanášení, Obalová technika II

| Druh | Teplota tání °C | Svařovací teplota °C | Max. užitná teplota °C |
|------|-----------------|----------------------|------------------------|
| PET  | 105-115         | 110-130              | 70                     |
| PP   | 150-170         | 160-180              | 100                    |
| PA   | 210-220         | 200-230              | 80                     |

#### 6.4.2.4 Napouštěním (impregnací) vlhkého papíru.

Částičky impregnační hmoty jsou napouštěny do vláknité struktury materiálu a zaplňují póry mezi jednotlivými vlákny. Impregnační látka může prostoupit napříč celým průřezem materiálu, nebo jen částečně pod povrch, při tom se na povrchu buď vytvoří, nebo nevytvoří souvislý film. Napouštěním papíru se zvětšuje tuhost papíru, tvrdost, odolnost vůči chemickému prostředí, nepropustnost pro kapaliny apod. Přívodem druhé, odlišné papíroviny – aby se základní papír nemusel polepovat (vrstvit) bývá někdy součástí papírenského stroje druhý nátok, který přivádí do výrobního procesu papírovinu s odlišnou barvou a lepší jakostí.

Při impregnování papírů či lepenek dochází k nanášení parafinů a vosků v kombinaci s plastickými hmotami na podkladový materiál. Impregnační prostředek je nanášen ve formě taveniny a proniká do vláknité struktury papíru či lepenky a vytváří tak bariérové vlastnosti materiálu. Jedná se o jeden z nejstarších způsobů zušlechťování papíru a slouží především k modifikaci potravinových obalů, u kterých je žádoucí odolnost vůči vlhkosti, olejům, tukům, nepropustnost pro pachy a plyny apod. V minulosti se k těmto úpravám používaly čisté vosky či parafíny, v současnosti jsou impregnační prostředky vylepšovány příměsemi polymerních látek a pryskyřic. Díky těmto směsím vznikají látky zvané hotmelty, jež vynikají odolností podobnou plastům, ale zároveň se lehce zpracovávají podobně jako vosky, díky nízké teplotě tání.

Impregnování papírů se nejčastěji provádí rotačním způsobem, kdy je nekonečný pás papíru odvíjen z kotouče, impregnován a upravený materiál je znovu navíjen na druhý kotouč. Samotný proces impregnace je prováděn soustavou vodících, nanášecích, přítlačných a chladících válců. U lepenek se impregnace provádí nejčastěji na přířezech nebo krabicových výsecích. Impregnování může být prováděno jednostranně nebo oboustranně.

Parafíny a jejich směsi se na materiál nanášejí při teplotách 110-130°C. Impregnační látky se používají ve formě tavenin, roztoků v organických rozpouštědlech, vodních roztoků a emulzí. Samotné impregnační látky jsou parafíny, mikrokrystalické vosky, ethylen, vinylacetát a jeho kopolymery, polyetylen, terpenové, kalafunové a alkydové pryskyřice, polyisobutylem, kaučuk, latexy i jiné látky.<sup>23</sup>

Impregnované povrchy mají jednu významnou nevýhodu, vosky a parafíny prostoupené strukturou podkladového materiálu velice znesnadňují následnou recyklaci a použití recyklátu při opětovné výrobě papíru.<sup>24</sup>

#### 6.4.2.5 Natíráním

Na plošný materiál jsou nanášeny částice beztvare hmoty, která následně vytvoří uzavřený souvislý film. Natíráním je na povrchu papíru, kartónu či lepeny vytvářen souvislý film, který model druhu použité zušlechťovací látky dodává materiálu požadované vlastnosti. Nejčastěji to jsou odolnost vůči vodě, tukům, olejům, chemikáliím, nepropustnost pro vodní páry, plyny a pachy. Pro vytvoření kvalitního nátěru je velmi podstatná dobrá adhezivnost podkladového materiálu. Nátěrové látky se aplikují ve formě roztoků v organických rozpouštědlech nebo ve formě vodných disperzí.

##### 6.4.2.5.1 Roztoky v organických rozpouštědlech

Použitím nátěrových látek v organických rozpouštědlech vznikají poměrně rychle husté kompaktní filmy. Nátěrovými látkami jsou termosetické pryskyřice rozpouštěné ve vhodných rozpouštědlech. Jako rozpouštědla slouží látky na bázi alkoholů, ketonů, esterů, toluenů. Vlastnosti nátěrových filmů, zušlechtěných papírů nejčastěji používanými látkami, shrnuje tabulka č.3:

*Tabulka 3 - Vlastnosti nátěrových rozpouštědlových látek, Obalová technika II*

| Typ  | Rozpouštědlo             | Hmot. Koncentrace % | Teplota tání °C | Užitná teplota °C |
|------|--------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| NC   | Ketony, alkoholy, estery | 10-30               | 100             | 50                |
| PVDC | Methylethylketon, toluen | 10-20               | 80              | 70                |

<sup>23</sup> MACHÁŇ, Obalová technika I.

<sup>24</sup> DONÁT, MACHÁŇ, Zpracování lepenek

|      |                          |        |    |    |
|------|--------------------------|--------|----|----|
| PVAC | Estery, ketony, alkoholy | 10-30  | 60 | 60 |
| PUR  | Butanol                  | 80-100 | -  | 80 |
| MP   | voda                     | 20-40  | -  | 90 |
| F    | Etanol, aceton, voda     | 20-50  | 70 | 70 |

Natírání látkami v organických rozpouštědlech se provádí na kotoučových strojích, materiál je odvíjen z kotouče a prochází soustavou válců, které plní funkce vodící a nanášecí. Následuje úsek sušení a chlazení, následně je již zušlechtný materiál znovu nabíjen do kotouče.

#### 6.4.2.5.2 Natírání vodnými disperzemi

Vodné disperze polymerních látek nebo latexů syntetických kaučuků jsou nanášeny na materiál a po odpaření vody vytvářejí na materiálu souvislý film. Oproti látek rozpouštěných v organických rozpouštědlech jsou disperze levnější a obsahují větší podíl sušiny. Zajišťují dobrou odolnost vůči vodě, olejům, tukům a chemikáliím. Mají dobrou adhezi k podkladovému materiálu a při sušení nátěru je menší riziko požáru. Disperze jsou ale méně mechanicky stabilní a méně odolné vůči nízkým teplotám. Nátěry s organickými rozpouštědly mají také lepší transparentnost nátěru a lepší lesk. Disperze jsou nanášeny soustavou válců a nátěr je následně egalizován vzduchovým stěračem. Následuje trojfázové sušení nátěru (infračervené záření, horký vzduch, infračervené záření) a chlazení.

Vlastnosti vysušených filmů vodných disperzí používaných pro zušlechtnění papírů zobrazuje tabulka č.4.

*Tabulka 4 - Vlastnosti nátěrových disperzních látek, Obalová technika II*

| Typ  | Hmotnostní koncentrace % | Teplota tání °C | Užitná teplota °C |
|------|--------------------------|-----------------|-------------------|
| PVC  | 45-50                    | 80              | 60                |
| PVAC | 40-50                    | 50              | 60                |
| PUR  | 40-45                    | -               | 100               |



|      |       |    |       |
|------|-------|----|-------|
| PMA  | 45-50 | 50 | 70-80 |
| PVDC | 50-55 | 80 | 70    |
| S    | 10-30 | -  | 150   |

Kromě natírání přířezů lepenek se často přistupuje k zušlechťování jednotlivých vrstev vlnité lepenky. Této technologie se využívá zejména v případech, kdy je požadována zvýšená odolnost obalu vůči vlhkosti a klimatickým vlivům. Disperze plastů jsou nanášeny na krycí vrstvu lepenky přímo v kombinovaném stroji pro výrobu vlnité lepenky. Krycí zušlechtěná vrstva je po vytvrzení nátěrového filmu přiváděna do úseku, kde dochází ke slepování jednotlivých vrstev do konečného produktu. Odolnost vrstev vlnité lepenky se také někdy zajišťuje přidáváním zušlechťovacích látek přímo do papíroviny přímo při výrobě krycích vrstev.

Do skupiny zušlechťovacích úprav natíráním se řadí také nanášení lepících a samolepících vrstev. Natíráním materiálu adhezivními látkami se získávají papíry, jenž mohou být sami o sobě samolepící, nebo k aktivaci adhezivních vlastností dojde při kontaktu lepivé vrstvy s vodou nebo při působení tlakem či teplem. Pro výrobu lepících papírů se jako adhezivní prostředky používají živočišné klihy, škrobové deriváty, roztoky plastomerů a elastomerů v organických rozpouštědlech, disperze plastických hmot. Zvýšení mechanických vlastností podkladového materiálu se dosahuje vystužením textilními nebo skleněnými vlákny.

#### **6.4.2.6 Použitím egutéru**

Válec se síťovým povrchem, který běží po vlhkém papíru a používá se pro zrovnoměnění povrchu (hladký egutér) nebo pro žebrování po celém povrchu (žebrovaný egutér).<sup>25</sup>

<sup>25</sup> KORDA, Papírenská encyklopedie

#### **6.4.2.7 Krepování a mikrokrepeování**

Tyto operace bývají zařazeny v sušící části výrobního procesu. Vlhký papír přilepený na sušícím válci se nárazem o krepovací nůž zvrásňuje.

#### **6.4.2.8 Mramorování (melírování)**

Nanášením barviv nebo nástřikem odlišně obarvených vláken na povrch mokrého listu.

#### **6.4.2.9 Ražení**

může být buď jednostranné, nebo oboustranné a dochází při něm k tvarování razíciemi nástroji. Ražením se napodobuje například textil nebo kůže.

#### **6.4.2.10 Pokovování papírů a kartónů**

Mezi speciální vrstvicí metody pro zušlechtění papírů se řadí technologie pokovování. Kovovou vrstvou zušlechtěné materiály jsou velmi odolné vůči bakteriím, nepropouštějí sluneční paprsky, jsou zdravotně nezávadné a mají dobrou tepelnou vodivost. V minulosti bylo nejvíce využíváno aplikace hliníkové fólie na povrch papíru a zafixování polyethylenovou fólií. Produkty, které vznikají z takto upraveného papíru, jsou dobře známé tetrapaky.<sup>26</sup> Výrobní náklady na materiál s hliníkovou fólií jsou však značně vysoké a proto se postupně nahrazuje vakuově pokovovaným papírem. Při použití této technologie se na povrchu papíru nebo kartónu vytváří kondenzací par kovu (vznikají za působení vysokého tlaku) souvislý kovový nános.

### **6.4.3 Zušlechtování vlnitých lepenek**

Adolf Donát uvádí, že výroba zušlechtovaných lepenek není rozšířena natolik, aby byly vyráběny standartní obchodní druhy. Pokud je lepenka zušlechtována, děje se tak jednotlivě podle požadovaných vlastností při používání produktů.<sup>27</sup> Tento údaj je sice zastaralý (1963), nicméně za pravdu mu dává i nabídka prodejců obalových materiálů. Během provedeného průzkumu trhu jsem nenarazila na příliš širokou standartní nabídku zušlechtěné vlnité lepenky.

---

<sup>26</sup> KORDA, Papírenská encyklopedie

<sup>27</sup> DONÁT, Materiály na výrobky z papírů a lepenek

Vlnitá lepenka bývá nejčastěji zušlechťována již zmíněnými technologiemi natírání, vrstvení a impregnace. Zušlechťovány jsou především papíry a kartóny následně využívané pro výrobu konečného produktu- vlnité lepenky. Zušlechťování se provádí především za účelem zvýšení odolnosti vlnité lepenky vůči vlhkosti a klimatickým vlivům. Právě pronikající vlhkost totiž může významně snižovat ochrannou funkci obalového materiálu. V minulosti se více využívalo zušlechťování archů lepenek, tato metoda však byla značně neekonomická a postupně se nahradila již zmíněným zušlechťováním krycích vrstev lepenky, které jsou odvíjeny z kotoučů v podobě pásů a soustavou válců přiváděny na zvlněnou vrstvu.

Nejčastěji aplikovanou metodou na vlnité lepenky je natírání. Natírána bývá krycí vrstva, ale někdy se přistupuje i k natírání papíru pro zvlnění, který tak získává větší pevnost a rovněž odolnost vůči pronikání vlhkosti.<sup>28</sup> K natírání se používají disperze polyvinylchloridu, nitrocelulóзовé laky i upravené disperzní nátěry v různých kombinacích nabízené specializovanými výrobci.<sup>29</sup>

## **6.5 Povrchové úpravy nábytku**

Povrchové úpravy jsou makromolekuly nanesené na podkladovém materiálu tvořící souvislý film. Kvalita povrchové úpravy je jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují životnost a také vzhled výrobku. Ovlivňuje jeho fyzikálně-mechanické vlastnosti, životnost. Rovněž má ale vliv i na celkovou kvalitu vnitřního životního prostředí.

### **6.5.1 Hlavní fce PÚ nábytku**

- Zvýšení užitné hodnoty výrobku
- Zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností povrchu výrobku
- Zlepšení odolnosti výrobku vůči chemikáliím
- Vytvoření estetického povrchu výrobku
- Potlačení barevných odlišností a vad na podkladovém materiálu

---

<sup>28</sup> A. BLAŽEJ, P. KRKOŠKA, *Technologie výroby papíera*

<sup>29</sup> J. MACHÁŇ, *Obalová technika 2*

Použité prostředky pro tvorbu povrchových úprav lze rozdělit takto:

- Tekuté NH
- Kašírování, oplášt'ování deskami nebo fóliemi – PÚ suchým způsobem
- Práškové NH

## **6.5.2 Povrchové úpravy suchým způsobem**

Tento způsob povrchových úprav je charakteristický tím, že výsledného vzhledu povrchové úpravy se nedosahuje aplikací tekutých nátěrových hmot. Mezi prostředky pro povrchovou úpravu suchým způsobem zařazujeme dekorativní lamináty a různé druhy fólií s povrchovou úpravou nebo bez ní. Tyto materiály se běžně aplikují technologií lisováním, polepováním nebo kašírováním. Tyto povrchové úpravy se mohou provádět za tepla i za studena a jejich hlavním účelem je plnění nejen ochranné, ale i estetické funkce.

### **6.5.2.1 Lisování**

Fólie a dekorační materiály se v převážné míře využívají pro olepování aglomerovaných materiálů na bázi dřeva. Ve velkovýrobě se nejčastěji využívá technologie lisování. Složené soubory podkladového materiálu a fólie jsou lisovány za působení vysoké teploty v rozmezí 100-120°C.

### **6.5.2.2 Kašírování**

Jedná se o specifický druh technologie lisování. Lepení a navalování fólie na konstrukční materiál jsou spojeny do kontinuálního technologického postupu. Stroje pro tento druh povrchové úpravy se obvykle konstruují jako oboustranné, což umožňuje olepovat obě plochy materiálu zároveň. Obecně platí, že čím použitá fólie pro kašírování tenčí, tím je větší požadavek na kvalitu opracování podkladové plochy.

### **6.5.2.3 Lepení dekoračních materiálů na tvarované plochy**

Tento způsob povrchové úpravy se řadí mezi nové technologie, které umožňují vytvářet požadovaný vzhled povrchu na plošných tvarovaných dílcích. Takto opracované dílce se

většinou využívají pro výplně dveří, vrchní desky stolového nábytku, čela zásuvek, kazetové obložení apod.

Zařízení pro opláštění plošných tvarovaných dílců jsou konstruovány různými způsoby. Lisovací tlak může být přenášen na olepovanou plochu dvojicí lisovacích desek tzv. matrice a patrice. U více tvarovaných ploch jsou tyto stroje doplněny o přítlačné pneumatiké nebo hydraulické elementy. Modernější stroje pro opracování tvarových dílců využívají technologii membránových lisů, která je založena na principu pohyblivého přítlačného rámu, na kterém je upevněna membrána.<sup>30</sup>

### **6.5.3 Nátěrové hmoty**

(Nátěrové hmoty je souhrnný název pro všechny hmoty, jejichž hlavní součástí jsou filmotvorné látky. Nanášejí se v tekutém, těstovitém nebo práškovém stavu na poklad, v našem případě na podklad na bázi dřeva.<sup>31</sup>

#### **6.5.3.1 Složení NH:**

- Filmotvorné složky (pojiva)- tvoří nátěrový
- Pigmenty – dodávají barevný odstín,
- Plnidla – upravují technologické vlastnosti nátěrových hmot
- Organická barviva – dodávají odstín
- Rozpouštědla – např. toluen, benzen, terpentýn - jsou těkavé, musí vyprchat (směs organických rozpouštědel=ředidla)
- Sikativa (sušidla) – urychlují schnutí zejména olejových nátěrových hmot
- Zvláčňovadla – zlepšují pružnost a tažnost nátěrového filmu<sup>32</sup>

#### **6.5.3.2 Dělení NH podle použitého pojiva**

Pojiva jsou jednou ze základních složek NH. Podle složení pojiv můžeme NH rozdělit do těchto kategorií.

A- Asfaltové NH

B- Polyesterové hmoty

---

<sup>30</sup> A. TRÁVNÍK, Technologické procesy výroby nábytku

<sup>31</sup> Tesařová, Povrchové úpravy dřeva

<sup>32</sup> <http://www.ekonomikon.cz/zbozi/drogerie/natery>- citováno dne 29.1.2014

C- Celulózové NH  
E –Epoxidové NH  
H- chlorkaučukové NH  
K – silikonové NH  
L- Lihové NH  
O- olejové NH  
U- polyuretanové NH  
V- vodou ředitelné NH  
P- pomocné přípravky  
Voskové NH<sup>33</sup>

#### **6.5.3.2.1 Asfaltové nátěrové hmoty**

Tyto nátěrové hmoty jsou tvořeny koloidním roztokem asfaltu, pryskyřic a olejů v organických rozpouštědlech. Využívají se k ochranným nátěrům ocelových předmětů, omítek apod. Vynikají v odolnosti vůči chemickým látkám, vlhkosti a mechanickému namáhání.

#### **6.5.3.2.2 Polyesterové nátěrové hmoty**

Patří mezi nátěrové hmoty s vysokým obsahem sušiny, jsou bezrozpouštědlové. Jsou to nátěrové hmoty na bázi nenasycených polyesterových pryskyřic. Při tvorbě nátěrového filmu dochází k reakci polyesteru se styrénem. Využívají se k povrchovým úpravám dřevěného nábytku a zařízení pro interiéry.

#### **6.5.3.2.3 Celulózové nátěrové hmoty**

Jsou typické rychlým zasycháním. Nátěrový film je vytvrzován fyzikální změnou. Vzniklé filmy jsou reversibilní, to znamená vratné. Nitrocelulózové NH lze nanášet ve vrstvách (až 12vrstev) a lze jimi vytvářet matné i vysoce lesklé nátěry. Nátěry mohou být transparentní i pigmentované. Jsou často využívány pro povrchové úpravy nábytku

---

<sup>33</sup> LUKAVSKÝ, BOUŠKA, FIALA, Nátěrové hmoty 1. díl

z počátku 20. Století, kde jsou kladeny velké požadavky na konečný vzhled povrchové úpravy. Rovněž se pro svoji zdravotní nezávadnost využívají pro nátěrové filmy u dětských postýlek. Jejich nevýhodou je nutnost použití ředidla během aplikace a malá odolnost vůči působení vlhkého a suchého tepla a některým kapalinám.

#### **6.5.3.2.4 Epoxidové nátěrové hmoty**

Tyto nátěrové hmoty jsou charakteristické tím, že obsahují epoxidovou skupinu  $\text{CH}_2\text{CH}_0$ . Epoxidové nátěrové hmoty rozlišujeme na teplem tvrditelné a za chladu tvrditelné. Nátěrové epoxidové hmoty za studena tvrditelné se používají k povrchovým úpravám dřevěných materiálů. Velkou výhodou těchto nátěrových hmot je to, že jsou odolné vůči vlhkosti. Nevýhodou těchto nátěrových hmot je ale jejich žloutnutí a praskání. Proto nejsou příliš vhodné pro povrchovou úpravu nábytku. Využívaná tužidla u epoxidových NH mají navíc škodlivé účinky na lidské zdraví.<sup>34</sup>

#### **6.5.3.2.5 Chlórkaučukové nátěrové hmoty**

Speciální nátěrové hmoty na bázi chlórkaučuku vynikají výbornou chemickou odolností, využívají se proto jenom na úpravu extrémně namáhaných povrchů. Jedná se o disperze anorganických pigmentů a plnidel v roztoku chlórkaučukových a organických rozpouštědel.

#### **6.5.3.2.6 Silikonové nátěrové hmoty**

Anorganické pigmenty v roztoku silikonových pryskyřic a organických rozpouštědel se využívají k nátěrům kovových předmětů v namáhavém prostředí.

#### **6.5.3.2.7 Lihové nátěrové hmoty**

Nátěrové hmoty na lihové bázi se používaly již v dobách staré Číny. Dříve se jako pojiva využívaly různé rostlinné a živočišné pryskyřice (šelak, kopál, benzoe apod.). Dnes se při výrobě lihových NH uplatňují také celulózové deriváty a syntetické pryskyřice. Lihové

---

<sup>34</sup> TESAŘOVÁ, Povrchové úpravy dřeva

nátěry rychle zasychají a mají vysoký lesk. Nevýhodou je malá odolnost vůči vlhkosti. Využívají se především při povrchovém dokončování historického nábytku.

#### **6.5.3.2.8 Olejové nátěrové hmoty**

Pojivem těchto nátěrových hmot jsou oleje, které rozlišujeme na vysychavé, polovysychavé a nevysychavé. Oleje jsou směsi různých kyselin s dlouhými makromolekulárními řetězci. Lze je nanášet ve více vrstvách, vzniklé nátěrové filmy nepraskají. Nevýhodou je postupné žloutnutí filmů a také nemožnost kombinování s jinými nátěrovými hmotami. Většinou se využívají při renovaci starého nábytku.<sup>35</sup>

#### **6.5.3.2.9 Vodou ředitelné nátěrové hmoty**

Jedná se o velmi často používané nátěrové hmoty. Rozlišujeme několik skupin vodou ředitelných nátěrových hmot: akrylátové disperze, ve vodě rozpustná polymery PUR pojiv s kovanými hydrofilními skupinami, ve vodě rozptýlené polymery, dvousložkové vodou ředitelné NH, vytvrzované UV zářením. Rozpouštědlem je voda (10-65%), případně částečně také organická rozpouštědla (3-18%). Hlavní výhodou vodou ředitelných nátěrových hmot oproti dříve hojně využívaným rozpouštědlovým nátěrovým hmotám je fakt, že při jejich aplikaci nedochází k úniku nebezpečných těkavých látek. Nevýhodou při jejich využití je omezená teplota okolí i podkladu při jejich aplikaci. Okolní teplota musí být mezi 18-22°C, teplota upravovaného povrchu nesmí být nižší než 15°C.

#### **Akrylátové vodou ředitelné NH**

Skládají se reagujících alkyd/akrylátů, izokyanátů a rozpouštědel. Vynikají vysokou odolností vůči chemikáliím a také vysoce kvalitním a hladkým povrchem. Mezi nevýhody těchto nátěrových hmot patří pomalé schnutí a přítomnost izokyanátů, které jsou toxické.

---

<sup>35</sup> LUKAVSKÝ, BOUŠKA, FIALA, Nátěrové hmoty, 1.díl



## **PUR vodou ředitelné NH**

Nátěry truhlářských výrobků nátěrovými hmotami na bázi PUR vynikají odolností vůči extrémnímu namáhání. Mohou být vytvrzovány fyzikálně, chemicky nebo UV zářením. Využívají se k dokončování nábytkových dílců nebo k nástřiku malých 3D předmětů.

### **6.5.3.2.10 Voskové nátěrové hmoty**

Jsou určeny k dokončování tzv. bio nábytku. Vosky mohou být buď přírodní, nebo syntetické na bázi PP, PE. Vosky mohou být na povrch nanášeny stříkáním rozpuštěné horké hmoty nebo aplikací rozpuštěného vosku v rozpouštědle (např. benzín). Voskové povrchové úpravy vynikají přírodním vzhledem, který nepotlačuje kresbu dřeva. Vzniklý film je však málo odolný vůči vlhkosti a málo tvrdý. Voskové nátěrové filmy jsou i po dokonalém obroušení dokončitelné pouze voskovými nátěrovými hmotami.

### **6.5.3.3 Rozdělení podle způsobu vytvrzování**

- **Fyzikálním zasycháním**- odpařením ředidla se zvyšuje viskozita a nátěrová hmota přechází do stavu sol-gel. Typickým jevem je zmenšování objemu nátěrové hmoty, tím pádem se mění i tloušťka nátěrového filmu. Takto vytvrzovat mohou jen nátěrové hmoty, které obsahují vysoké procento rozpouštědel a ředidel.
- **Fyzikálním zasycháním v kombinaci s chemickým vytvrzováním.** Po nanesení filmu se v první fázi nejprve odpařují rozpouštědla, po jejich odpaření dochází k zesíťování složek nátěrových hmot a vzniká vytvrzený film.
- **Chemickým vytvrzováním** se nejčastěji vytvrzují olejové nátěrové hmoty, které chemicky reagují se vzdušným kyslíkem. Aby se tento děj urychlil, často se používají přídatné látky tzv. sikativa.
- **Vytvrzování zářením UV a EBC** je jedním z moderních způsobů vytvrzování, během něhož vznikají vysoce kvalitní povrchy. V tomto procesu jsou využívány lampy s UV zářením v blízkosti oblasti viditelného světla.
- **Tuhnutí roztavených práškových hmot**<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> TESAŘOVÁ, Povrchové úpravy dřeva

## **6.6 Zkoušení fyzikálních a mechanických vlastností papíru, kartónu a lepenek**

V této kapitole jsou vyjmenovány a popsány zkoušky, které se běžně provádějí při zkoušení papíru a lepenek. Zároveň se kapitola zabývá zkouškami prováděnými pro zjišťování povrchově upravených dílců nátěrovými hmotami. Vzhledem k charakteru testovaného materiálu (vlnité lepenky) a záměrem využívat tento materiál v netradičním prostředí (nábytková tvorba) bylo nutné zkombinovat aplikované laboratorní zkoušky z odvětví papírenského průmyslu i odvětví nábytkových nátěrových hmot.

Při testování mechanických vlastností papíru a lepenky je v odborné literatuře uváděna široká škála zkoušek:

### **6.6.1 Pevnost v tahu**

Při zkoušení pevnosti v tahu je na zkušební vzorek působeno tahovým zatížením. Při zkoušce se sleduje hodnota tržného zatížení, což je okamžik kdy dojde k přetržení daného vzorku.

Na hodnotu tržného zatížení má nejvíce vliv plošná hmotnost a rozměr vzorku, orientace vzorku v upínacím zařízení a vlhkost a teplota testovaného materiálu.

### **6.6.2 Pevnost v průtlaku**

Jedná se o empirický druh zkoušky, jelikož je při testování napodobováno namáhání papíru při běžném užívání. Na vzorek je v kolmém směru působeno tlakem (MPa). V praxi se využívají dva způsoby této zkoušky: působení hydrostatickým tlakem kapaliny přes pryžovou membránu nebo působení stlačeným vzduchem přes pryžovou membránu.

### **6.6.3 Pevnost v dotržení**

U této zkoušky je měřena práce potřebná k přetržení předem naříznutého materiálu.

#### **6.6.4 Pevnost v průrazu**

Měří se síla potřebná k proražení zkušební vzorku tělesem daného tvaru. Thimm uvádí, že je určitá souvislost mezi pevností v tahu, průrazu a průtlaku.

#### **6.6.5 Pevnost v natržení**

U pevnosti v natržení se měří největší síla, která působí v rovině zkoušeného vzorku, aniž by došlo k natržení okraje vzorku a využívá se k popisu odolnosti materiálu při výrobě během pohybu na papírenských sítích.

#### **6.6.6 Pevnost v lomu**

Tato zkouška se provádí pouze u vlnitých lepenek a vypočítává se z největšího ohybového momentu, při kterém dojde k přetržení vzorku při ohýbání přes ostrou hranu. Kromě ohybového momentu je při určování důležitá také úhel lomu, což je úhel při maximálním ohybovém momentu. Ze struktury lepenky lze odvodit, že úhel lomu je větší při příčném namáhání, ohybový moment naopak dosahuje vyšších hodnot při podélném namáhání.

#### **6.6.7 Pevnost v přehýbání**

Určuje schopnost papíru snášet opakované přehýbání při současném působení tahové síly. Výsledná hodnota se udává počtem dvojohybů. Tato vlastnost je většinou testována u cenných papírů a bankovek. Při zkoušení nedochází k poškození vláken, ale vlákna se opakovaným namáháním uvolňují z vazebných útvarů v papíru.

#### **6.6.8 Pevnost v kroucení**

Zkouška udává schopnost papíru odolávat namáhání v krutu při současném působení tahového napětí.

### **6.6.9 Pevnost ve vzpěru**

Zkouška pevnosti ve vzpěru je jednou z nejčastěji prováděných zkoušek u vlnitých lepenek. Určuje schopnost vzorku odolávat působení tlaku na hranu materiálu. Od principu zkoušky je odvozeno další označení této vlastnosti- hranová pevnost.

Tato vlastnost vzorku se určuje hned několika způsoby:

#### **6.6.9.1 ECT test – vzpěrová pevnost vlnité lepenky**

Tato zkouška se provádí lepenek s počtem vrstev 3,5,7. Pravoúhlý vzorek je umístěn mezi dva litinové kvádry a je na něj působeno tlakem ve směru vlny.

#### **6.6.9.2 RCT test – prstencová vzpěrová pevnost**

Určuje se největší síla působící na hranu vzorku stočeného do prstence, aniž by se vzorek zdeformoval. Tato zkouška se provádí pouze na hladkých materiálech do tloušťky 0,5mm.

#### **6.6.9.3 CCT vzpěrová pevnost test- vlnité vrstvy**

Oddělená vnitřní vlna lepenky je v laboratorní zvlňovačce namáhána tlakem působícím na hranu.

#### **6.6.9.4 SCT test – odolnost proti stlačení při krátkém upnutí**

Tento test je ve zkušebnictví papíru poměrně novou záležitostí a zjišťuje se při něm maximální působící síla na jednotku šířky vzorku. Z naměřených hodnot lze vypočítat hodnoty ECT,CLT,CCT,RCT.

### **6.6.10 Plošná pevnost**

Při měření plošné pevnosti je působeno tlakem kolmo na plochu vzorku a měří se síla, při které dojde ke zborcení vnitřní zvlněné vrstvy. Technologie zkoušky umožňuje měření pevnosti pouze u dvouvrstvých a třívrstvých lepenek nebo u samostatné vlnité vrstvy.

#### **6.6.10.1 FCT test**

Na kotouče z vlnité lepenky je působeno tlakem kolmým na plochu, dokud nedojde ke zborcení vlnité vrstvy.

### **6.6.11 Povrchová pevnost**

Určování povrchové pevnosti je užitečné u materiálů, u kterých se předpokládá použití k tisku. Během zkoušky se zkoumá odolnost papíru vůči vytrhávání vláken při působení síly směrem z.

### **6.6.12 Vnitřní vazebná pevnost**

Na vzorek je umístěn kovový úhelník. Údery kyvadlem, které působí ve směru kolmo na úhelník, se zjišťuje pevnost vazeb mezi jednotlivými vrstvami materiálu.

V principu se část zkoušek neliší od postupů při zkoušení mechanických vlastností dřeva a materiálů na bázi dřeva. Při měření se však kritické hodnot pohybují v naprosto odlišných číslech a není tedy možné k měření využívat měřicí techniku běžně využívanou ve dřevařství. Při testování vlastností lepenky jsem byla odkázána na podniky působící právě v papírenském průmyslu. V běžné praxi se ovšem provádí pouhá zlomek výše uvedených zkoušek.<sup>37</sup>

Následující výčet zkoušek již patří do kategorie zkoušení vlastností povrchových úprav nábytkových dílců.

#### **6.6.12.1 Stanovení povrchové tvrdosti tužkami ČSN 910273**

Mírou povrchové tvrdosti nátěru je tvrdost tužky, která jako první poruší povrch nátěru a zanechá na něm viditelnou stopu.

#### **6.6.12.2 Přilnavost nátěrového filmu k podkladu- mřížková zkouška ČSN EN 2409**

Stanoví se odolnost nátěru proti proříznutí ve tvaru mřížky k podkladu. Výsledky stanovení přilnavosti se stanovují číselným vyjádřením. Číslem 0 je hodnocena přilnavost

---

<sup>37</sup> GEBRTOVÁ, KADERÁBEK, Zpracování papíru a lepenky

při hladkých řezech se žádným poškozeným čtvercem. Číslem 5 je hodnocena přilnavost PÚ, kdy plocha mřížky je poškozena více než ze 65%.

#### **6.6.12.3 Hodnocení povrchu proti působení suchého tepla**

##### **ČSN EN 12722**

Stanoví se odolnost povrchu nátěru vůči působení bloku hliníkové slitiny zahřátému na zkušební teplotu, který je na něm umístěn a působí na něho přes suchou tkaninu položenou na zkoušený vzorek po dobu 1200s. Po 16 h následuje hodnocení poškození povrchové úpravy číselným kódem, a to od hodnocení 5 (bez poškození) po hodnocení 1 (silné stopy poškození struktury zkoušeného povrchu).

#### **6.6.12.4 Hodnocení povrchu proti působení vlhkého tepla ČSN EN 12721**

Stanoví se odolnost povrchu nátěru vůči působení bloku hliníkové slitiny zahřátému na zkušební teplotu, který je na něm umístěn a působí na něho přes mokrou tkaninu položenou na zkoušený povrch po dobu 1200s. Po 16 h době následuje ohodnocení poškození povrchové úpravy číselným kódem, a to od hodnocení 5 (bez poškození) po hodnocení 1 (silné stopy poškození struktury zkoušeného povrchu).

#### **6.6.12.5 Odolnost nátěrového filmu vůči působení studených kapalin ČSN EN 12720**

Na testovaný povrch se umístí filtrační papír nasáklý zkušební kapalinou. Napuštěný filtrační papír se následně překryje Petriho miskou. Po uplynutí předepsané zkušební doby se papír odstraní. Zkoušený povrch se omyje, osuší a ponechá se 24 h v klidu. Následně se provádí vizuální zhodnocení poškození nátěru.

#### **6.6.12.6 Zkoušky na křídovém papíru- vláčnost a vnitřní pnutí**

##### **ČSN 67 3077**

Zkoušky na křídovém papíru se používají pro kvalitativní stanovení vnitřního pnutí a vláčnosti nátěrového filmu. Vnitřní pnutí se uvádí ve stupních, při stupni 1 film nemá vnitřní pnutí, papír je rovný. Stupeň 5 se vyznačuje velkým vnitřním pnutím, papír se stáčí do svitku. Vláčnost se hodnotí po stupních, od stupně 1, film neporušený při zlomu, po stupeň 5, který značí, že film praská při stáčení přes trn o průměru 10mm.

## **6.6.12.7 Stanovení tvrdosti nátěru kyvadlovým přístrojem**

### **ČSN 673076**

Stanoví se doba útlumu kyvadla spočívajícího na zkušebním nátěrovém filmu dvěma ocelovými kuličkami.<sup>38</sup>

Při aplikování zkoušek na povrchově upravenou vlnitou lepenku muselo být přihlédnuto ke struktuře a vlastnostem podkladového materiálu.

## **7 Metodika**

Jak už bylo výše řečeno, vzhledem k vlastnostem testovaného materiálu, bylo zapotřebí zvolit vhodnou kombinaci zkoušek, jejíž výsledky budou mít dostatečně informativní charakter a zároveň budou na lepenkových vzorcích proveditelné.

### **7.1 Příprava vzorků**

Pro vytvoření testovacích vzorků byla zakoupena třívrstvá vlnitá lepenka o rozměru 1200x800mm a tloušťce 2,8mm. Lepenková tabule byla následně nařezána na rozměry 200x300mm. Vzniklé formáty byly očíslovány a zváženy na laboratorních vahách BP 3100 s Sartorius a naměřené hodnoty byly zaznamenány.

Vzorky lepenek byly rozděleny do čtyř skupin a byly na ně nanášeny nátěrové hmoty. Pro nanášení byly zvoleny běžně dostupné nátěrové hmoty – akrylová NH, nitrocelulzová NH a polyuretanová NH. Konkrétně se jednalo o nitrolak Celolesk C 1037 + ředidlo C 6000, Balakryl Sportakryl a Balakryl Polyurex. Jedna skupina vzorků zůstala pro porovnání bez povrchové úpravy.

Nátěrové hmoty byly nanášeny štětcem ve dvou vrstvách. Intervaly mezi jednotlivými nátěry byly dodrženy dle instrukcí výrobců NH. Pro aplikaci PÚ byl zvolen štětec, protože je předpokládáno, že výsledky této práce mohou být užitečné především pro malovýrobce papírového nábytku a využití štětce se jeví pro tuto skupinu jako nejjednodušší a nejekonomičtější metoda. NH hmota byla nanášena na vzorky oboustranně, aby byla

---

<sup>38</sup> TESAŘOVÁ, Povrchové úpravy dřeva

dodržena symetrie průřezu vzorku a zabránilo se tak prohýbání vzorků vlivem pnutí v NH.

Po aplikování obou vrstev byly vzorky opět zváženy a byla vypočítána průměrná hmotnost nátěru u jednotlivých nátěrových hmot.

Sportakryl – 31,25g/m<sup>2</sup>

Nitrolak – 26,6g/m<sup>2</sup>

Polyurex – 28,73 g/m<sup>2</sup>

## **7.2 Mechanické a fyzikální zkoušky lepenky**

Veškeré zkoušky vzorků byly prováděny v laboratorní zkušebně Thimm a.s. ve Všetatech. Zkušebna je vybavena klimatizačním zařízením, které udržuje vlhkost v místnosti na hodnotě 50%. Teplota vzduchu byla při provádění zkoušek 23°C (±0,5°C). Veškeré vzorky byly před provedením zkoušek týden klimatizovány v laboratorních podmínkách. Aby byly mechanické zkoušky prováděné v laboratoři statisticky průkazné, předpisy firemní zkušebny Thimm stanoví, že je zapotřebí provést jednotlivé zkoušky minimálně na patnácti vzorcích z každé skupiny. Poté je z výsledných protokolů vymazáno pět nejvyšších extrémů (minimum/maximum). Zbýlých deset naměřených hodnot je uvedeno v konečném datovém výstupu a slouží k určení průměrných výsledných hodnot.

## **7.3 Určení použitého papíru ve zkušebních vzorcích**

Nejprve jsme pomocí posuvného měřítka určily velikost vnitřní vlny, která se svými parametry spadá do skupiny B – 2,5mm.

Pomocí kruhové řezačky vytvořily výřez o průměru 11,5cm, jenž odpovídá obsahu 1dm<sup>2</sup>. Výřez byl vložen do vody a ponechán v lázni, dokud se od sebe jednotlivé vrstvy neoddělily. Následně byly jednotlivé vrstvy vysušeny a na laboratorních vahách zváženy. Díky tomu mohla být určen gramáž jednotlivých vrstev papíru. Vrchní vrstva vzorků má gramáž 132 g/m<sup>2</sup>, vlna je vyrobena z papíru a gramáži 110g/m<sup>2</sup> a spodní vrstva je tvořena



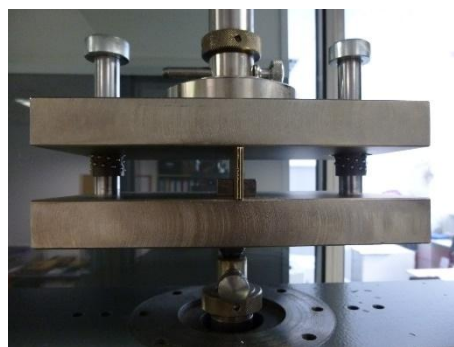
papírem s gramáží 138g/m<sup>2</sup>. S pomocí školeného personálu byl vizuálně určen zdrojový materiál této třívrstvé lepenky, a to jako testliner. Použitý materiál v jednotlivých vrstvách může výrazně ovlivňovat fyzikální i mechanické vlastnosti lepenky a rozbor složení vrstev se automaticky provádí při všech zkouškách a je uváděn v protokolech.

### 7.3.1 Zkouška hranové pevnosti- ECT

Tato zkušební metoda zkoumá, jakou má vlnitá lepenka pevnost při působení síly na hranu lepenky v podélném směru vln ve středové vrstvě. Výstupní údaje měření jsou udávány v kN/m. Celá zkouška je prováděna dle normy ČSN EN ISO 3037.

Ze vzorků základního rozměru byly pomocí kovového úhelníku a řezáku vyhotoveny proužky o přesném o rozměru 10cm. Tyto proužky se následně vložily do speciální laboratorní řezačky vzorků FRANK Pruggerate GmbH, která je součástí vybavení zkušebny Thimm a.s. ve Všetatech a jedná se unikátní zařízení vyrobené na míru pro potřeby této zkušební laboratoře. Řezačka z proužků umí vyhotovit zkušební vzorky naprosto přesných rozměrů 2,5 x 10cm (kratší rozměr ve směru vlny).

Takto vyhotovené vzorky byly postupně vkládány do zkušebního měřicího zařízení Zwick/Z010. Vzorek stojící na hraně o délce 10cm byl z obou stran podepřen kovovými pomocnými tělísky ve tvaru kvádrů, které zabezpečují, aby se vzorek během působení tlaku nepohyboval. Se shora byl poté na vzorky vyvíjen tlak pomocí pístu, který vyvíjí tlak až do překročení meze pevnosti lepenky. Síla působí souběžně na směr vlny, tedy kolmo na směr výroby vzorku.



Obrázek 18- ECT test, fotografovala: Zuzana Daňková

Hodnoty působících byly převedeny do počítače. Do zkoušecího zařízení bylo postupně vloženo 15 vzorků, z naměřených hodnot bylo dle zvyklostí zkušebny vyřazeno 5 nejextrémnějších hodnot.

### 7.3.2 Zkouška plošné pevnosti – FCT test

FCT test probíhal na stejném stroji jako ECT test. Byla pouze vyměněna testovací hlavička. Pro potřeby tohoto testu byly ze vzorků o rozměru 300x200mm vyřezány kotouče o průměru 115mm (1dm<sup>2</sup>). K tvorbě kotoučků byla využita řezačka Elonore Kalt od firmy Industrie Beratung.

Vzorky byly postupně vkládány do zkušebního zařízení, orientace lepenky byla u všech vzorků dodržena ve stejném směru – podélný směr vlny rovnoběžný s pohledem testovací osoby. Zkouška je prováděna dle normy ČSN EN ISO 3035.



Obrázek 19 - FCT test, Pilous-packaging

Výsledné hodnoty testu jsou udávány v kPa, naměřené hodnoty byly převedeny do počítače. Do zkušebního zařízení bylo postupně vloženo 15 vzorků, z naměřených hodnot bylo dle zvyklostí zkušebny vyřazeno 5 nejextrémnějších hodnot.

### 7.3.3 Pevnost lepenky v průtlaku

Zkoušení lepenky v průtlaku bylo provozováno ve zkušebním stroji Zwick Roell burst tester. Testovací vzorky byly ponechány v původním rozměru 200x300mm a deset zkušebních vzorků bylo postupně umístěno do zkušebního prostoru stroje, který nejprve vytvořil kolem vzorku vakuum, následně bylo na lepenku působeno hydrostatickým tlakem kapaliny přes pryžovou membránu.



Obrázek 20- Pevnost lepenky v průtlaku, fotografovala: Zuzana Daňková

Tato zkouška je prováděna podle normy ČSN EN ISO 2754. Tlak působící kolmo na plochu je uváděn v jednotkách kPa. Do zkoušecího zařízení bylo postupně vloženo 15 vzorků, z naměřených hodnot bylo dle zvyklostí zkušebny vyřazeno 5 nejextrémnějších hodnot.

Z této skupiny mechanických zkoušek vyplývá, že nejlépe dokázal vlastnosti lepenky zlepšit Nitrolak. Stejně jako u ostatních nátěrových hmot byl Nitrolak oboustranně aplikován ve dvou vrstvách. Jelikož výrobce této nátěrové hmoty doporučuje až šest vrstev nátěru, dá se předpokládat, že při aplikování dalších vrstev by se mechanické vlastnosti lepenky dále zlepšovaly.

#### **7.4 Fyzikální zkoušky vlnité lepenky**

Následující skupina zkoušek již není exaktního charakteru. Naopak je u všech typů provedených zkoušek velice patrný vliv subjektivního hodnocení. Nepovažují je však za méně důležité, jelikož mohou podat velmi užitečnou informaci o tom, jak se bude nábytek vyrobený z povrchově upravené vlnité lepenky chovat v běžných situacích reálného života.

#### **7.4.1 Hodnocení odolnosti povrchu proti působení studených kapalin**

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN 12720+A1, která v roce 2014 nahradila normu z roku 2009 ČSN EN 12720. Tato evropská norma stanoví postup pro hodnocení odolnosti povrchu proti působení studených kapalin u všech pevných povrchů nábytku bez ohledu na použité materiály. Nevztahuje se pouze na povrch usní a textilií, proto bylo možné tuto zkoušku aplikovat i na vlnitou lepenku. Zkouška byla částečně modifikována.

##### **Zkušební zařízení a materiály:**

Kotoučky o průměru 25 $\pm$ 2mm z měkkého, nebarveného a neklíženého filtračního papíru o hmotnosti 400g/m<sup>2</sup>

Skleněné Petriho misky

Pinzeta

Tkanina na čištění – bílá, měkká, savá

Zdroj rozptýleného světla

Zkušební kapaliny: destilovaná voda, káva, čaj, ovocná šťáva, roztok kyseliny citronové, kondenzované mléko s obsahem tuku 10%

##### **Příprava vzorků a zkušebních kapalin**

Jeden týden před započítáním zkoušky je nutné začít vzorky klimatizovat při teplotě (23 $\pm$ 2) $^{\circ}$ C a relativní vlhkosti (50 $\pm$ 5)%. Po ukončení klimatizování je ihned provedena zkouška.

##### **Zkušební kapaliny:**

Káva: 10g instantní kávy je přelito 250ml vroucí vody a ponecháno v klidu 5 minut. Poté je káva opatrně slity, aby se oddělila kapalina od kávové sedliny.

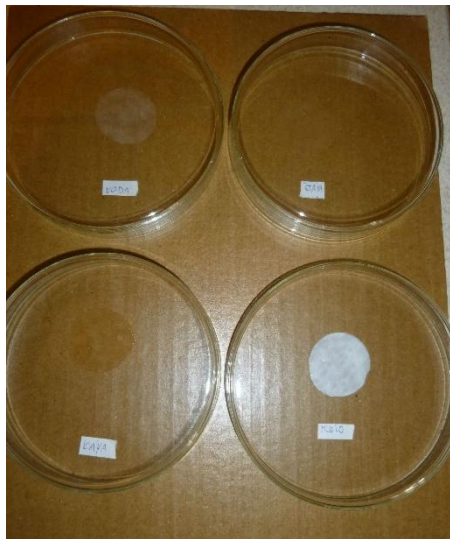
Čaj: 5g čajových lístků se spaří 250ml vroucí vody, nechá se 5 minut bez míchání louhovat a poté se čaj opatrně slije.

Kyselina citronová: Pro přípravu 10% roztoku je smíchána 50ml destilované vody a 5,5g kyseliny citronové.

Destilovaná voda, ovocná šťáva a kondenzované mléko musí být dostatečnou dobu v laboratorní teplotě.

### **Postup zkoušky**

Zkušební vzorky byly umístěny do horizontální polohy a povrch vzorků byl lehce otřen tkaninou na čištění. Kotoučky filtračního papíru byly ponořeny do zkušebních kapalin. Jednotlivé kotoučky byly ve vybraných kapalinách ponechány 60 sekund, následně vyjmuty pinzetou a hrana kotoučku byla rychle jednou otřena o okraj nádoby. Kotouček se poté umístil na zkušební vzorek a byl ihned zakryt obrácenou skleněnou Petriho miskou. Filtrační papír se nesmí dotýkat okrajů Petriho misky a zároveň musí být ve vzdálenosti minimálně 40mm od okrajů zkušebního vzorku. Jelikož bylo na jeden vzorek umístěováno více vzorků s různými druhy kapalin, bylo rovněž nutné dodržet předepsanou vzdálenost 60mm mezi jednotlivými filtračními kotoučky (bráno od středů kotoučků). Polohy všech zkušebních kapalin byly zaznamenány.



Obrázek 21 - Filtrační papíry se zkušebními kapalinami na testovaném vzorku,  
fotografovala: Zuzana Daňková

Zkouška byla prováděna dvakrát, jednou byl zkušební interval působení kapaliny jedna hodina, podruhé byly vzorky vystaveny působení kapalin 16 hodin.

Tabulka 5 - Zkušební intervaly působení kapalin, ČSN 12720+A1

| Zkušební interval | Příklady, které přicházejí v úvahu      |
|-------------------|---|
| 10 s              | Okamžité odstranění                     |
| 2 min             | Rychlé odstranění                       |
| 10 min            | Po krátké době                          |
| 1 h               | Po jídle apod.                          |
| 6 h               | Po ukončení pracovní nebo jiné činnosti |
| 16 h              | Jakmile je to možné příští den          |
| 24 h              | Po jednom dnu                           |
| 7 dnů             | Po jednom týdnu                         |
| 28 dnů            | Dlouhodobé působení                     |

Po uplynutí zkušebních intervalů byly odejmuty Petriho misky a pinzetou odstraněny kotoučky filtračního papíru. Vlákna, která ulpěla na povrchu vzorků, se neodstraňovala. Zbývající tekutina byla odsáta absorpčním papírem a zkušební vzorky byly ponechány v klidu 16 hodin. Po uplynutí této doby byly zkušební vzorky očištěny lehkým otíráním tkaninou namočenou v destilované vodě. Poté se ještě vzorky otřely do sucha.

#### **Prohlídka zkušebních vzorků**

Vzorky byly prohlédnuty pod zdrojem umělého světla, následně i na denním rozptýleném světle. Povrch byl prohlížen z různých úhlů a vzdáleností (0,25 m až 1,0 m). Případné změny na povrchu vzorků byly rovněž zjišťovány hmatem. Zkušební povrchy byly následně oklasifikovány v porovnání s okolní zkušební plochou dle následující tabulky.

Tabulka 6- Klasifikace poškození kapalinami, ČSN 12720+A1

| Číselná klasifikace | Popis  |
|---------------------|--|
| 5                   | <p>Beze změny</p> <p>Zkušební plocha není rozeznatelná od přilehlé okolní plochy.</p>  |
| 4                   | <p>Mírná změna</p> <p>Zkušební plocha se liší od přilehlé okolní plochy, avšak jen když se světelný zdroj zrcadlí na zkušebním povrchu a odráží se směrem k očím hodnotitele, např. vyblednutí, změna lesku a barvy</p> <p>Žádná změna struktury povrchu, např. bobtnání, vyčnívající vlákna, popraskání, vznik puchýřků</p> |
| 3                   | <p>Střední změna</p> <p>Zkušební plocha se liší od přilehlé okolní plochy při pozorování z několika směrů, např. vyblednutí, změna barvy a lesku</p> <p>Žádná změna struktury povrchu, např. bobtnání, vyčnívající vlákna, popraskání, vznik puchýřků</p>  |
| 2                   | <p>Podstatná změna</p> <p>Zkušební povrch se zřetelně liší od přilehlé okolní plochy při pozorování ze všech směrů, např. vyblednutí, změna lesku a barvy,</p> <p>a/nebo struktura povrchu je mírně změněna, např. bobtnání, vyčnívající vlákna, popraskání, vznik puchýřků</p>  |
| 1                   | <p>Intenzivní změna</p> <p>Struktura povrchu je zřetelně změněna a/nebo vyblednutí, změna lesku a barvy</p>  |

|  |  |
|--|--|
|  | a/nebo povrch materiálu je zcela nebo částečně odstraněn<br>a/nebo filtrační papír lpí na povrchu. |
|--|--|

#### **7.4.2 Hodnocení odolnosti povrchu proti působení suchého tepla**

Provádění této zkoušky povrchově upravených dílců určených pro nábytkové využití stanovuje norma ČSN EN 12722. Zkouška na vzorcích z vlnité lepenky byla částečně modifikována. Zkušební vzorky týden klimatizovány v laboratorních podmínkách zkušebny při teplotě

23+/-2°C a relativní vlhkosti 50+/-5%. Po ukončení klimatizace byla na vzorcích postupně provedena zkouška odolnosti vůči suchému teplu. Nádoba z hliníkové slitiny o objemu 200ml byla naplněna vroucí vodou a byla umístěna na testovaný vzorek.



Obrázek 22 - Zkouška odolnosti vůči suchému teplu, fotografovala: Zuzana Daňková

Po dvaceti minutách byl zdroj tepla odstraněn a povrch vzorku byl otřen do sucha savou čistou tkaninou. Zkušební plocha byla ponechána v klidu 16 hodin a poté byla provedena kontrola povrchu vzorků.

Poškození každé zkušební plochy je pečlivě vizuálně hodnoceno za přístupu denního i umělého světla z různých úhlů. Vzdálenost pozorování se pohybovala od 0,25m do 1m.



Poté byly poškození a změny povrchu ohodnoceny podle následující škály a o průběhu zkoušek byly vypracovány protokoly (viz přílohy DP).

*Tabulka 7- Klasifikace poškození povrchu vlivem tepla, ČSN EN 12722*

| Číselné označení poškození | Popis   |
|----------------------------|---|
| 5                          | Žádné viditelné změny (bez poškození)   |
| 4                          | Nepatrné změny lesku a barvy, viditelné jen pokud se světlo zdroje zrcadlí na zkušebním povrchu a je odraženo proti oku pozorovatele. |
| 3                          | Nepatrné stopy poškození, viditelné z různých směrů pozorování, například téměř úplný kruh  |
| 2                          | Silní stopy poškození jasně viditelné, nebo oblasti s nepatrným odbarvením, nebo oblasti nepatrného narušení zkušebního vzorku        |
| 1                          | Silné stopy poškození nebo oblasti s výrazným odbarvením, nebo výrazné narušení zkušebního vzorku.                                    |

### **7.4.3 Hodnocení odolnosti povrchu proti působení vlhkého tepla**

Zkouška byla provedena dle normy ČSN EN 12721. Postup i hodnocení zkoušky probíhaly stejně jako u hodnocení odolnosti vůči suchému teplu. Rozdíl je pouze v tom, že pod slitinovou nádobou je během zkoušky umístěna bílá savá tkanina s gramáží

přibližně 50g/m<sup>2</sup> ve tvaru čtverce o straně 120mm. Tkanina je rovnoměrně napuštěna 2cm<sup>3</sup> destilované vody o teplotě 23+/-2°C.



Obrázek 23 - Zkouška odolnosti vůči působení vlhkého tepla, fotografovala: Zuzana Daňková

## 8 Výsledky

### 8.1 Hodnocení výsledků mechanických zkoušek

Naměřené hodnoty jsou shrnuty v tabulkách č.8, 9, 10. **X** značí průměr naměřených hodnot, **S** udává hodnotu směrodatné odchylky a **V** je variační koeficient. Hodnota pevnosti v procentech udává, o kolik se zlepšila pevnost povrchově upravených vzorků. Vzorek bez PÚ má pevnost v procentech 100%.

#### 8.1.1 ECT test

*Tabulka 8 – Výsledky testu ECT*

| test pevnosti při tlaku na hranu [kN/m] |        |            |          |          |
|---|--------|------------|----------|----------|
|   | bez PÚ | Sportakryl | Nitrolak | Polyurex |
| 1                                       | 4,58   | 5,16       | 5,55     | 5,12     |
| 2                                       | 4,62   | 5,27       | 5,65     | 5,21     |
| 3                                       | 4,6    | 4,93       | 5,71     | 5,21     |

|                |                 |                  |                 |                 |
|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 4              | 4,47            | 5,21             | 5,5             | 5,16            |
| 5              | 4,43            | 4,94             | 5,55            | 5,15            |
| 6              | 4,59            | 5,28             | 5,54            | 5,29            |
| 7              | 4,6             | 5,23             | 5,5             | 5,23            |
| 8              | 4,6             | 5,26             | 5,6             | 5,24            |
| 9              | 4,58            | 5,24             | 5,57            | 5,18            |
| 10             | 4,51            | 4,96             | 5,72            | 5,14            |
| <b>x</b>       | <b>4,558</b>    | <b>5,148</b>     | <b>5,589</b>    | <b>5,193</b>    |
| <b>s</b>       | <b>0,064601</b> | <b>0,1453578</b> | <b>0,079784</b> | <b>0,052504</b> |
| <b>v</b>       | <b>1,40</b>     | <b>2,81</b>      | <b>1,45</b>     | <b>1,01</b>     |
| <b>pevnost</b> |                 |                  |                 |                 |
| <b>v %</b>     | <b>100</b>      | <b>112,94427</b> | <b>122,6196</b> | <b>113,9315</b> |

Z obrázku č.21 je patrné, že podél vodorovné osy vzorku docházelo ke zborcení vlivem překročení meze pevnosti vlnité lepenky.



Obrázek 24 - Lepenkový zkušební vzorek po provedení ECT testu, fotografovala:

Zuzana Daňková

U zkoušky hranové pevnosti obstála nejlépe nitrocelulósová nátěrová hmota. Pevnost lepenky se v tomto případě poměrně významně zlepšila a to o 23%. Vzorky opatřené nátěrem Sportakrylu a Polyurexu vykazovaly menší zlepšení v rozmezí 12-13%.

### 8.1.2 FCT test

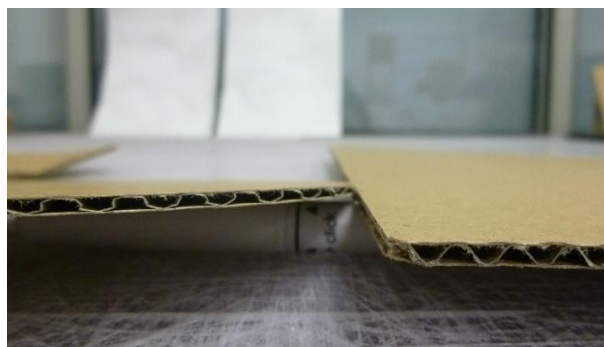
Tabulka 9 - Výsledky testu FCT

|   | <b>test pevnosti při plošném tlaku [kPa]</b> |            |          |          |
|---|--|------------|----------|----------|
|   | bez PÚ                                       | Sportakryl | Nitrolak | Polyurex |
| 1 | 452  | 434        | 444      | 441      |
| 2 | 450  | 424        | 450      | 447      |

|                |                 |                 |                 |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3              | 443             | 440             | 458             | 450             |
| 4              | 442             | 450             | 445             | 453             |
| 5              | 446             | 442             | 438             | 463             |
| 6              | 448             | 454             | 442             | 454             |
| 7              | 451             | 444             | 455             | 442             |
| 8              | 449             | 435             | 445             | 450             |
| 9              | 440             | 435             | 448             | 451             |
| 10             | 449             | 438             | 450             | 455             |
| <b>x</b>       | <b>447</b>      | <b>439,6</b>    | <b>447,5</b>    | <b>450,6</b>    |
| <b>s</b>       | <b>4,082483</b> | <b>8,566083</b> | <b>6,004628</b> | <b>6,41526</b>  |
| <b>v</b>       | <b>0,9</b>      | <b>1,91</b>     | <b>1,33</b>     | <b>1,44</b>     |
| <b>pevnost</b> |                 |                 |                 |                 |
| <b>v %</b>     | <b>100</b>      | <b>98,34452</b> | <b>100,1119</b> | <b>100,8054</b> |

Při testování pevnosti lepenky za působení plošného tlaku došlo k poměrně překvapivým výsledkům. Nátěrové hmoty tuto vlastnost lepenky nijak nezlepšily, u vzorku s akrylátovou NH došlo dokonce k nepatrnému zhoršení plošné pevnosti.

Na obrázku č.22 je vlevo vzorek se zdeformovanou vnitřní vlnou, vpravo je původní tvar průřezu vzorku.



Obrázek 25 - Deformace vlnité lepenky po FCT testu, fotografovala: Zuzana Daňková

### 8.1.3 Zkoušení pevnosti v průtlaku

Tabulka 10- Výsledky zkoušky pevnosti v průtlaku

|   | <b>test pevnosti v průtlaku [kPa]</b> |            |          |          |
|---|---------------------------------------|------------|----------|----------|
|   | bez PÚ                                | Sportakryl | Nitrolak | Polyurex |
| 1 | 611                                   | 642        | 665      | 636      |

|                        |                 |                  |                 |                 |
|------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 2                      | 629             | 651              | 661             | 677             |
| 3                      | 571             | 609              | 680             | 658             |
| 4                      | 577             | 627              | 673             | 647             |
| 5                      | 563             | 649              | 698             | 635             |
| 6                      | 613             | 629              | 663             | 678             |
| 7                      | 615             | 622              | 655             | 637             |
| 8                      | 581             | 625              | 669             | 684             |
| 9                      | 603             | 672              | 673             | 679             |
| 10                     | 572             | 636              | 684             | 676             |
| <b>x</b>               | <b>593,5</b>    | <b>636,2</b>     | <b>672,1</b>    | <b>660,7</b>    |
| <b>s</b>               | <b>23,15767</b> | <b>17,955501</b> | <b>12,62669</b> | <b>20,28711</b> |
| <b>v</b>               | <b>3,9</b>      | <b>2,83</b>      | <b>1,87</b>     | <b>3,06</b>     |
| <b>pevnost<br/>v %</b> | <b>100</b>      | <b>107,19461</b> | <b>113,2435</b> | <b>111,3227</b> |

Při testování pevnosti lepenky v průtlaku opět nejlépe obstál Nitrolak, který průměrně zlepšil pevnost o 13%. PUR lak dosáhla podobných hodnot (11%), akrylátová NH zlepšila pevnost v průtlaku průměrně o 7%.



Obrázek 26 - oblast poškození vzorku po provedení zkoušky pevnosti v průtlaku,  
fotografovala: Zuzana Daňková

Z této skupiny mechanických zkoušek vyplývá, že nejlépe dokázal vlastnosti lepenky zlepšit Nitrolak. Stejně jako u ostatních nátěrových hmot byl Nitrolak oboustranně aplikován ve dvou vrstvách. Procentuální zlepšení však ani u jedné z nátěrových hmot není příliš významné. Nejmenšího zlepšení mechanických vlastností dosahoval lak na bázi akrylátové disperze.

### 8.1.4 Vyhodnocení zkoušek odolnosti povrchu vůči studeným kapalinám ve zkušebním intervale 1 hodina

**Lepenka bez PÚ** – u vlnité lepenky jsou hodnoty značně orientační. Zkouška totiž slouží k hodnocení odolnosti povrchově upravených materiálů, tento vzorek nebyl opatřen žádnou PÚ.

*Tabulka 11 - Hodnocení poškození lepenky bez PÚ*

| Zkušební kapalina  | Stupeň poškození |
|--------------------|------------------|
| Voda               | 4                |
| Čaj                | 4                |
| Káva               | 3                |
| Mléko              | 3                |
| Ovocná šťáva       | 3                |
| Kyselina citronová | 2                |

### Lepenka s PÚ nitrolakem

*Tabulka 12 - Hodnocení poškození lepenky- nitro*

| Zkušební kapalina  | Stupeň poškození |
|--------------------|------------------|
| Voda               | 5                |
| Čaj                | 5                |
| Káva               | 5                |
| Mléko              | 5                |
| Ovocná šťáva       | 5                |
| Kyselina citronová | 5                |

### Lepenka s PÚ Sportakrylem

*Tabulka 13 - Hodnocení poškození lepenky - akryl*

| Zkušební kapalina | Stupeň poškození |
|-------------------|------------------|
| Voda              | 5                |

|                    |   |
|--------------------|---|
| Čaj                | 5 |
| Káva               | 5 |
| Mléko              | 5 |
| Ovocná šťáva       | 5 |
| Kyselina citronová | 5 |

### Lepenka s PÚ Polyurexem

*Tabulka 14 - Hodnocení poškození lepenky- PUR*

| Zkušební kapalina  | Stupeň poškození |
|--------------------|------------------|
| Voda               | 5                |
| Čaj                | 5                |
| Káva               | 5                |
| Mléko              | 5                |
| Ovocná šťáva       | 5                |
| Kyselina citronová | 5                |

### 8.1.5 Vyhodnocení zkoušek odolnosti povrchu vůči studeným kapalinám ve zkušebním intervale 16 hodin

#### Lepenka bez PÚ

*Tabulka 15 - Hodnocení poškození lepenky bez PÚ*

| Zkušební kapalina  | Stupeň poškození |
|--------------------|------------------|
| Voda               | 4                |
| Čaj                | 3                |
| Káva               | 2                |
| Mléko              | 1                |
| Ovocná šťáva       | 3                |
| Kyselina citronová | 2                |

## Lepenka s PÚ nitrolakem

*Tabulka 16 - Hodnocení poškození lepenky- nitro*

| Zkušební kapalina  | Stupeň poškození         |
|--------------------|--------------------------|
| Voda               | 5                        |
| Čaj                | 5                        |
| Káva               | 5                        |
| Mléko              | 4, (kontrolní pokus – 5) |
| Ovocná šťáva       | 5                        |
| Kyselina citronová | 5                        |

## Lepenka s PÚ Sportakrylem

*Tabulka 17 - Hodnocení poškození lepenky - akryl*

| Zkušební kapalina  | Stupeň poškození |
|--------------------|------------------|
| Voda               | 5                |
| Čaj                | 5                |
| Káva               | 5                |
| Mléko              | 5                |
| Ovocná šťáva       | 5                |
| Kyselina citronová | 5                |

## Lepenka s PÚ Polyurexem

*Tabulka 18 - Hodnocení poškození lepenky- PUR*

| Zkušební kapalina  | Stupeň poškození |
|--------------------|------------------|
| Voda               | 5                |
| Čaj                | 5                |
| Káva               | 5                |
| Mléko              | 5                |
| Ovocná šťáva       | 5                |
| Kyselina citronová | 5                |



Co se týče odolnosti vzorků s povrchovou úpravou vůči studeným kapalinám, obstály všechny nátěrové hmoty velmi dobře. Pouze u nitrocelulózové NH došlo k velice nepatrné změně lesku po vystavení působení mléka na povrch vzorku po dobu 16 hodin. Po kontrolním provedení druhé zkoušky nitrocelulózového nátěru se však poškození po působení mléka neopakovalo. Lze usuzovat, že nepatrné poškození na prvním vzorku mohlo být způsobeno nedokonalým nátěrovým filmem v místě zkoušky. K nanášení NH byl totiž použit štětec a během nanášení mohly vzniknout drobné nedostatky. U lepenky bez povrchové úpravy docházelo téměř okamžitě ke vstřebávání zkoušecích kapalin do vzorků, tudíž kapalina nezůstávala na testovaném povrchu a výsledky tak mohou být značně zkreslené.

### 8.1.6 Hodnocení odolnosti povrchu vůči působení suchého tepla

*Tabulka 19 - Hodnocení poškození povrchu vlivem suchého tepla*

| Použitá povrchová úprava | Číselné hodnocení poškození |
|--------------------------|-----------------------------|
| Bez PÚ                   | 5                           |
| Nitrolak                 | 4                           |
| Sportakryl               | 4                           |
| Polyurex                 | 5                           |

### 8.1.7 Hodnocení odolnosti povrchu vůči působení vlhkého tepla

*Tabulka 20 - Hodnocení poškození povrchu vlivem vlhkého tepla*

| Použitá povrchová úprava | Číselné hodnocení poškození |
|--------------------------|-----------------------------|
| Bez PÚ                   | 1                           |
| Nitrolak                 | 1                           |
| Sportakryl               | 2                           |
| Polyurex                 | 2-3                         |

U všech vzorků došlo k celkem výraznému zkroucení směrem od podélné osy materiálu, což by se dalo přisuzovat změně pnutí v nátěrovém filmu vlivem působení vlhkého tepla. Po obvodu testované plochy se vyskytlo výrazné zvlnění povrchu vzorků, ke změnám

lesku došlo po celé testované ploše u vzorků opatřených nátěrem nitrolaku a akrylátové NH. U vzorku s akrylátovou NH byla navíc výrazně patrná změna struktury povrchu. U nitrolaku došlo k nejvýraznější změně barvy a lesku po obvodu zkušební plochy na lícové straně. Na obrázku č.27 je testovaný vzorek z lícové (vlevo) i rubové strany bezprostředně po odstranění zkušebního tělesa. Jelikož došlo na testovaných vzorcích k výrazným změnám, bylo nutné provést ještě druhé kontrolní měření. Hodnocení poškození je ovlivněno subjektivním názorem hodnotitele, proto nelze s naprostou přesností určit rozdíly ve skupinách testovaných vzorků. Na základě pozorování by se však dalo říci, že druhá kontrolní skupina vzorků dosáhla stejných výsledků jako skupina první.



*Obrázek 27 - Prostup vlhkosti vzorkem během zkoušky odolnosti vůči vlhkému teplu, fotografovala: Zuzana Daňková*

### **8.1.8 Celkové hodnocení**

Pro celkové vyhodnocení a porovnání vlastností jednotlivých povrchových úprav vlnité lepenky a vzorku bez PÚ jsem zvolila metodu určování pořadí v jednotlivých parametrech. Po vypočítání průměrného pořadí ve všech zkouškách, nejlépe vyšla polyuretanová NH. Tento údaj je však zapotřebí vnímat pouze orientačně, při navrhování papírového nábytku mohou být v určitých případech některá kritéria důležitější a jiná zanedbatelná.

Tabulka 21 - Celkové hodnocení pořadí PÚ podle daných kritérií

|                             | Bez PÚ | Nitrolak | Sportakryl | Polyurex |
|-----------------------------|--------|----------|------------|----------|
| ECT test                    | 4      | 1        | 3          | 2        |
| FCT test                    | 3      | 1        | 4          | 2        |
| Namáhání v průtlaku         | 4      | 1        | 3          | 2        |
| Odolnost vůči kapalinám     | 2      | 1        | 1          | 1        |
| Odolnost vůči suchému teplu | 1      | 2        | 2          | 1        |
| Odolnost vůči vlhkému teplu | 3      | 3        | 2          | 1        |
| Vliv na životní prostředí   | 1      | 3        | 2          | 2        |
| Cena                        | 1      | 3        | 2          | 2        |
| Průměrné pořadí             | 2,4    | 1,9      | 2,4        | 1,6      |

## 9 Diskuze

Cílem práce bylo vytvoření přehledu o možnostech zušlechťování lepenky, která by následně mohla být využita v nábytkovém průmyslu. Z vyjmenovaných úprav byla na základě konkrétních požadavků vybrána metoda aplikace nátěrových hmot na povrch vlnité lepenky. Kritéria pro hodnocení výběru povrchové úpravy byly tyto: snadná aplikace, možnost využití i v malovýrobě a drobných řemeslníků, ekonomická dostupnost, možnost recyklace. Pro zušlechtění zkušebních vzorků byly vybrány tři nátěrové hmoty, které jsou běžně dostupné a jejich cena není, vzhledem ke způsobu využití, příliš vysoká. Pro aplikaci byly vybrány NH Nitrolak Celolesk 1037, akrylátový lak Balakryl Sportakryl a vodou ředitelný polyuretanový lak Balakryl Polyurex. Nátěrovou hmotou opatřené vzorky byly testovány mechanickými a fyzikálními zkouškami a jejich vlastnosti byly porovnávány s povrchově neupravenou vlnitou lepenkou.

Provedené zkoušky dokázaly, že po aplikování nátěrových hmot došlo ke zlepšení užitných vlastností materiálu. Především ve skupině zkoušek mechanickým namáháním však naměřené výsledky nedosahují takových hodnot, aby aplikování nátěrových hmot výrazně zlepšovalo odolnost vlnité lepenky. Testované vzorky měly sílu 3mm a byly vyhotoveny z třívrstvé lepenky. Lze tedy předpokládat, že při použití vícevrstvé lepenky, či lepenky z kartónu z vyšší gramáže by v porovnání vzorků s povrchovou úpravou a bez byly rozdíly ještě menší. Jelikož se v praxi pro výrobu nábytku využívá právě lepenka s větším počtem vrstev, zlepšení mechanických vlastností aplikováním nátěrových hmot by pravděpodobně bylo celkem zanedbatelné. Tuto hypotézu ovšem nebylo možné ověřit měřením, jelikož přístroje pro měření ECT, FCT a pevnosti v průtlaku umožňují testovat pouze vzorky třívrstvé lepenky. Provedené zkoušky ukázaly, že výraznější zlepšení se projevilo pouze u hranové pevnosti lepenky opatřené nitrolakem, při procentuálním vyjádření o 23% oproti povrchově neupravené vlnité lepence. Ostatní naměřené hodnoty nevykazovaly příliš velké zlepšení. V případě, že by u lepenkového nábytku byla vyžadována výrazně vyšší pevnost při hranovém i plošném namáhání, bylo by zapotřebí uvažovat i jiným způsobem zušlechťení, případně spojení aplikování nátěrových hmot spolu s další technologií. Účinné by mohlo být například spojení vlnité lepenky s dalšími krycími vrstvami z papírů z vyšší gramáže.

Ve skupině zkoušek, kterými byla testována odolnost povrchu lepenky vůči fyzikálnímu působení okolních vlivů, již povrchově upravené vzorky dosáhly výrazně lepších výsledků. Zatímco na lepence bez povrchové úpravy bylo patrné významné poškození vzorků po působení vybraných kapalin v obou časových intervalech, povrchově upravené vzorky uspěly téměř na 100%. Pouze u nitrolaku bylo po 16 hodinovém působení kondenzovaného mléka na povrch pozorováno velmi malé poškození, projevující se změnou lesku nátěru. Při praktickém využití nábytku může často docházet ke kontaktu nábytkových dílců s kapalinami a teplem (např. hrnek s horkým nápojem, potřísnění nápoji a potravinami). Díky povrchové úpravě tak může lepenkový nábytek získat výrazně lepší odolnost a díky tomu si může během užívání déle ponechat své estetické vlastnosti.

Při působení suchého tepla na povrch dosáhla nejlepších výsledků lepenka s PUR NH a překvapivě i lepenka bez PÚ, u těchto vzorků nebylo pozorováno žádné poškození. U ostatních vzorků došlo k nepatrné změně lesku. Při působení vlhkým teplem byly na

všech vzorcích velmi znatelné změny barvy, lesku i struktury povrchu. Nejmenší poškození vykazoval vzorek opatřeny PUR NH.

Použité zkoušky se využívají k hodnocení odolnosti nátěrů nábytkových dílců. Je tedy především zkoumána povaha nátěrového filmu. Během zkoušek se však ukázalo, že podkladový materiál má na výsledky zkoušek výrazný vliv. Velmi patrné bylo prostupování vlhkosti napříč vzorky při provádění zkoušek odolnosti vůči vlhkému teplu. Lepenka během zkoušek absorbovala velké množství vlhkosti a došlo k výraznému zvrásnění povrchu. I po vysušení vzorků zůstaly velmi výrazné deformace. Povrchově upravené vzorky však vykazovaly výrazně lepší výsledky než nezušlechtěné vzorky. Při testování odolnosti vůči kapalinám vykazovaly všechny povrchově upravené vzorky výborné vlastnosti, zatímco na lepence bez NH zůstalo výrazné zbarvení zvrásnění povrchu, což se vzhledem k savosti papíru dalo předpokládat.

## 10 Závěr

Tato diplomová práce měla za cíl zpracovat problematiku zušlechťování vlnité lepenky pro výrobu nábytku. V teoretické části byl vytvořen stručný přehled o zpracování papíru a možnostech modifikace jeho vlastností. Na téma využití lepenky v nábytkářském průmyslu neexistuje příliš mnoho odborné literatury. Snažila jsem se proto kombinovat poznatky o tvorbě a zušlechťování papíru spolu s informacemi o výrobě a povrchových úpravách nábytku. V praktické části byly tyto poznatky využity k navrhnutí způsobu zušlechtění vlnité lepenky, modifikace odolnosti lepenky byla testována skupinou fyzikálně-mechanických zkoušek.

Při vyhodnocení výsledků výzkumu jsem přihlédla nejen k naměřeným hodnotám, ale také k výše zmíněným kritériím, které považuji za důležitá při hodnocení prospěšnosti zušlechťovacích úprav materiálu. Na základě vyhodnocení se jeví jako nejvýhodnější nátěrová hmoty Balakryl Polyurex. Při mechanických zkouškách vzorků sice lepších výsledků dosahoval nitrolak, ale během testování odolnosti povrchu vůči suchému a vlhkému teplu lépe obstál vzorek opatřený PUR NH. Nevýhodou aplikace nitrolaku je také nutnost použití rozpouštědla, které uvolňováním těkavých látek může negativně působit na zdraví uživatele. Pro zlepšení mechanické odolnosti vlnité lepenky by bylo vhodné hledat další alternativy zlepšující vlastnosti materiálu například nalepení krycí vrstvy z papírů či kartónů vyšší gramáže. V kombinaci s aplikováním NH by mohly být zlepšena pevnost lepenky a zároveň by byly využity vlastnosti NH při odolávání vůči fyzikálnímu působení okolí.

Ačkoliv během testování bylo zjištěno průkazné zlepšení vlastností vlnité lepenky, je zapotřebí mít na paměti, že vlnitá lepenka je zcela odlišný materiál, který se od tradičně používaných materiálů v nábytkovém průmyslu liší v mnoha parametrech. Struktura a složení vlnité lepenky dávají tomuto materiálu specifické vlastnosti, které lepenku v některých ohledech porovnávání zvýhodňují, v jiných ovšem značně limitují. Při hodnocení pevnosti a odolnosti nábytkových dílců se lepenka ani s povrchovou úpravou nemůže vyrovnat dřevu, kovu nebo plasty. Avšak její snadná zpracovatelnost, malá hmotnost, ekologičnost a nízké pořizovací náklady mohou být velice výhodné při výrobě nábytku, který nemusí vynikat odolností a stálostí na desetiletí, ale je žádoucí, aby zanechával minimální vliv na životní prostředí, byl snadno dostupný, lehce přenosný a

variabilní. Potřebných pevnostních parametrů lze alespoň částečně dosáhnout aplikací dalších zušlechťovacích technologií a především zvolením vhodné konstrukce výrobku.

Potenciální uživatel by si měl nejprve určit, jaké jsou jeho osobní požadavky na vlastnosti nábytku. Ochota slevit z požadavků na odolnost a pevnost je častým jevem především u mladších lidí, kteří ještě nezařizují stálé bydlení a nevyžadují mnohaletou životnost nábytku. Naopak ocení nízké pořizovací náklady, neotřelý design a především malou ekologickou stopu vznikající při výrobě, užívání i likvidaci papírového nábytku. Další skupinou potenciálních uživatelů mohou být malé děti. Vzhledem k tomu, že ergonomicky odpovídající nábytek pro malé děti bývá v domácnostech využíván jen několik let, pro mnoho rodin může být pořizování nového nábytku ekonomicky nepřijatelné. Častým jevem při vybavování dětských pokojů proto bývá používání nábytku z druhé ruky. Jednotlivé kusy mobiliáře ovšem často nevyhovují ergonomickým požadavkům na dětský nábytek. V neposlední řadě také dětský pokoj ve stylu „každý pes, jiná ves“ často nepůsobí příliš esteticky. Pořízení levného papírového nábytku s vyhovujícími rozměry je zajímavou alternativou, jak vyřešit vybavení dětských pokojů. V případě využití lepenky s povrchovou úpravou lze dosáhnout potřebné odolnosti vůči působení rozlitých kapalin a potravin, které jsou v dětských pokojích poměrně častým jevem.

Ačkoliv v současné době není lepenkový nábytek masově užíván, jedná se o velmi zajímavou alternativu, která se stále více dostává do povědomí lidí a získává si stále více zastánců. Některé limitující vlastnosti vlnité lepenky musí potenciální uživatel přijmout a respektovat. Avšak je na místě, zkoumat možné způsoby, jak by se vlnitá lepenka dala modifikovat, aby získala vhodnější parametry pro využití v nábytkářském průmyslu. Aplikování nátěrových hmot na povrch krycí vrstvy lepenky je jednoduchý a levný způsob, který při výrobě mohou využít především malí výrobci a designéři. Výhodou této metody je také možnost snadné aplikace na odpadovou lepenku, čímž slovo *recyklace* získává nový rozměr v procesu výroby lepenkového nábytku.

## 11 Zdroje:

REMKOVÁ, Květoslava, *Ekodesign*, Praha, Ministerstvo životního prostředí, 2003, 15 str., ISBN 8072122304

ŠALDA, Jaroslav, *Papír, kartón, lepenka*, SNTL, Praha, 1955, str. 285

BLAŽEJ, Anton, Krkoška, Pavel, *Technológia výroby papiera*, Bratislava, Alfa, 1989, str. 584, ISBN 80-05-00119-3

KORDA, Josef a kolektiv, *Papírenská encyklopedie*, SNTL, Praha, 1992, str. 469, ISBN 80-03-00647-3

DONÁT, Adolf, *Materiály na výrobky z papírů a lepenek*, Praha, SNTL, 1963, str. 280,

TESAŘOVÁ, Daniela, *Povrchové úpravy dřeva*, Praha, Grada Publishing, 2014, str. 136, ISBN 978-80-247-4715-6

ČANĚK, Bohuslav a kolektiv, *Technologie papíru*, Praha, SNTL, 1977, str. 234

TRÁVNÍK, Arnošt, *Technologické procesy výroby nábytku*, 1. vydání, Brno, Mendelova univerzita v Brně, 2007, str.223, ISBN 978-80-7375-056-5

SKALICKÝ, Čestmír, VONDRÁKOVÁ, Milena, *Speciální vláknité struktury*, Pardubice, VŠCHT, 1990, str. 221

LUKAVSKÝ Ladislav, BOUŠKA, Stanislav, FIALA, Václav, *Nátěrové hmoty* 1. díl, 3. upravené vydání, Praha, Merkur, 1993, str. 250, ISBN 80-7032-301-9

LUKAVSKÝ L., BOUŠKA S., FIALA V., *Nátěrové hmoty*, 2.díl, 3. upravené vydání, Merkur, Praha, 1993, ISBN 80-7032-313-2

GEBRTOVÁ, Jana, KADEŘÁBEK, Vladimír, *Zpracování papíru a lepenky*, 1.vyd.,Pardubice, VŠCHT, 1983, str.142

MACHÁŇ, Josef, DONÁT, Adolf, *Zpracování lepenek*, Praha: SNTL, 1962, str.292

WEIGL J., a WILKEN R., Formation mechanism of stickies in waste paper pulp used in papermaking, *Pulp, paper and board*, Elsevier applied science publishers LTD, London, 1987 ISBN 1-85166-173-5, str.197



HENDRY I.F. Wood as a renewable materiál 1982-1985, *Pulp, paper and board*, Elsevier applied science publishers LTD, London, 1987 ISBN 1-85166-173-5, str.197

CASEY, James, *Pulp and paper Chemistry and chemical technology*, volume II, New York, Interscience Publishers, 1952, str.1409

BANIK, Gethard, BRÜCKLE, Irene, *Paper and Water A guide for conservators*, Elsevier Ltd., 2011, Oxford, UK, isbn-13:978-0-75066-831-6

ČSN EN 12722, *Nábytek - Hodnocení odolnosti povrchu proti působení suchého tepla*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1998

ČSN EN 12721, *Nábytek - Hodnocení odolnosti povrchu proti působení vlhkého tepla*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009

ČSN 12720+A1, *Nábytek- hodnocení odolnosti povrchu proti působení studených kapalin*, Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014

SOUČEK, Milan, *Bezdotykové natírání papírů a lepenek*, Papír a celulóza, 12/ 2007,62, str.411

Polygrafický tahák – papír 2 : vlnitá lepenka, *Print academy* [online].

[cit.10.2.2015]. Dostupné z WWW:

[http://www.printmediaacademy.cz/download/tahak03\\_Papir2.pdf](http://www.printmediaacademy.cz/download/tahak03_Papir2.pdf)

Vlnitá lepenka, *Mladý obal* [online].

[cit.10.2.2015]. Dostupné z WWW: <http://mlady-obal.cz/mlady-obal-2014/clanky/o-materialech/vlnita-lepenka/a85>

Konstrukce, *Nábytkářský informační portál*, [online].

[cit.21.3.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.n-i-s.cz/cz/konstrukce/page/25/>

Ergonomie, *Nábytkářský informační portál*, [online].

[cit.21.3.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.n-i-s.cz/cz/ergonomie/page/19/>

Nátěrové hmoty a barviva, Ekonomikon, [online].

[cit.10.3.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.ekonomikon.cz/zbozi/drogerie/natery->

Taiwan's carton restaurant, [online].

[cit.10.3.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.odditycentral.com/pics/taiwans-carton-restaurant-where-everything-except-the-food-is-made-from-cardboard.html>

Furniture, The cardboardguys, [online].

[cit.10.3.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.thecardboardguys.com/furniture/#incredibly-strong>

Druhy papírů pro výrobu lepenky, *Pekokarton* [online].

[cit.10.3.2015]. Dostupné z WWW: <http://www.pekokarton.cz/technologie/z-ceho-vyrabime>

## **Seznam příloh**

Zkušební protokol – ECT test- bez PÚ

Zkušební protokol – ECT test- akryl

Zkušební protokol – ECT test-nitro

Zkušební protokol – ECT test- PUR

Zkušební protokol – FCT test- bez PÚ

Zkušební protokol – FCT test- akryl

Zkušební protokol – FCT test- nitro

Zkušební protokol – FCT test- PUR

Zkušební protokol – zkouška pevnosti v průtlaku- bez PÚ

Zkušební protokol – zkouška pevnosti v průtlaku- akryl

Zkušební protokol – zkouška pevnosti v průtlaku- nitro

Zkušební protokol – zkouška pevnosti v průtlaku- PUR

Zkušební protokol- odolnost vůči kapalinám

Zkušební protokol- odolnost vůči suchému teplu

Zkušební protokol- odolnost vůči vlhkému teplu