

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Vliv vlastností skládačkové lepenky na průchod výseků balicí linkou

Bc. Lucie Matušová

Diplomová práce

2018

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie Matušová**
Osobní číslo: **C16595**
Studijní program: **N3441 Polygrafie**
Studijní obor: **Polygrafie**
Název tématu: **Vliv vlastností skládačkové lepenky na průchod výseků balicí linkou**
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte literaturu zabývající se problematikou zpracování skládačkových lepenek. Zaměřte se především na druhy skládačkových lepenek, jejich vlastnosti, způsoby zpracování a vlivy okolního prostředí na jejich zpracovatelnost. Získané poznatky zpracujte v teoretické části práce.
2. V rámci experimentální části práce provádějte pravidelně po dobu několika měsíců ve výrobní hale firmy Roll4You odběry vzorků výseků z různých typů skládačkových lepenek u různých balicích linek. Zaměřte se při tom na sledování jejich průchodu balicí linkou a hodnocení vnějších parametrů, které průchod výseků linkou ovlivňují. Proměřte vlastnosti odebraných výseků.
3. Proveďte statistické hodnocení získaných výsledků a na jeho základě se pokuste zhodnotit vliv vlastností skládačkové lepenky na průchod výseků balicí linkou.
4. Získané výsledky diskutujte v závěrečné části práce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Hana Holická, Ph.D.

Katedra polygrafie a fotofyziky

Datum zadání diplomové práce: **28. února 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 10. 5. 2018

.....

Bc. Lucie Matušová

Tímto děkuji Ing. Haně Holické, Ph.D. za odborné vedení práce, všechny poskytnuté informace a za čas, který mi na konzultacích věnovala. Dále děkuji Mgr. Petru Stromšíkovi za věcné připomínky a rady zejména při vypracovávání experimentální části práce. Ráda bych poděkovala i ostatním pracovníkům firmy Roll4You, s.r.o. se kterou byla práce vytvořena a své rodině za podporu při studiu.

ANOTACE

Práce je věnována vlastnostem vícevrstvé skládačkové lepenky. Obsahuje přehled typů lepenek a jejich zpracování. Ve druhé části se věnuje vlivu okolního prostředí na zpracovatelnost lepenek. Experimentální část probíhala ve firmě Roll4you, s.r.o., kde byly proměřovány vybrané vlastnosti skládačkové lepenky používané pro balení cigaretových papírků. Vyhodnocoval se vliv těchto vlastností na průchod výseků balicí linkou.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vícevrstvé skládačkové lepenky, výseky, odolnosti vůči ohybu, chromonáhřada

TITLE

Influence of folding box properties on the blanks flow in packing line

ANNOTATION

The work is devoted to the properties of multi-layered folding cardboards. It contains an overview of types of cardboard and their processing. The second part deals with the influence of the environment on the processing of cardboard. The experimental part took place at company Roll4you, s.r.o., where the selected properties of multi-layered folding cardboard used for packing rolling papers were measured. The influence of folding box properties on the blanks flow in packing line was evaluated.

KEYWORDS

Multi-layered folding cardboards, blanks, bending resistance, folding box board

OBSAH

ÚVOD.....	13
1 TEORETICKÁ ČÁST.....	14
1.1 Vícevrstvá skládačková lepenka.....	14
1.1.1 Struktura.....	14
1.1.2 Vlastnosti.....	18
1.1.2.1 Všeobecné vlastnosti.....	18
1.1.2.2 Fyzikální vlastnosti.....	20
1.1.2.3 Mechanické vlastnosti.....	21
1.1.2.4 Funkční vlastnosti.....	26
1.1.3 Zpracování.....	28
1.1.3.1 Nařezávání.....	28
1.1.3.2 Žlábkování.....	28
1.1.3.3 Rýhování.....	28
1.1.3.4 Drážkování.....	31
1.1.3.5 Vysekávání.....	33
1.1.3.6 Perforování.....	36
1.2 Vliv okolního prostředí na vlastnosti vícevrstvé skládačkové lepenky.....	38
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	41
2.1 Experimentální materiál.....	42
2.1.1 Vícevrstvá skládačková lepenka.....	42
2.1.2 Popis výseku.....	42
2.2 Experimentální přístroje.....	45
2.2.1 Vlhkoměr Rotronic GTS.....	45
2.2.2 Vlhkoměr Emco P2.....	45
2.2.3 Digitální teploměr-vlhkoměr Commeter D3120.....	45
2.2.4 Zařízení pro měření odolnosti vůči ohybu od firmy Lorentzen & Wettre.....	45

2.2.5	Tloušťkoměr od firmy Lorentzen & Wettre	46
2.2.6	Měřicí pravítko Hirlinger	46
2.2.7	Příměrné pravítko	46
2.2.8	Sušárna Memmert	46
2.2.9	Analytická váha KERN	46
2.3	Experimentální postup	47
2.4	Naměřené hodnoty	50
2.4.1	Vlastnosti použitých skládačkových lepenek	50
2.4.1.1	Carta Integra	50
2.4.1.2	Ningbo Fold	55
2.4.2	Vliv vlastností skládačkové lepenky na průchod výseků balicí linkou	57
2.4.2.1	Carta Integra	57
2.4.2.2	Ningbo Fold	72
2.4.3	Vyhodnocení měření typu 1 a 2	78
3	DISKUZE A ZÁVĚR	80
4	POUŽITÁ LITERATURA	83

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1	Struktura lepenky z bělené chemické buničiny (SBB) [7]	16
Obrázek 2	Struktura lepenky z nebělené chemické buničiny (SUB) [7]	16
Obrázek 3	Struktura lepenky chromonáhrady FBB [7]	17
Obrázek 4	Struktura lepenky z recyklovaných vláken (WLC) [7]	18
Obrázek 5	Ukázka směru vlákna a dráhy papíru [13]	19
Obrázek 6	Dvoubodová metoda měření tuhosti [18]	23
Obrázek 7	Tříbodová metoda měření tuhosti [18]	23
Obrázek 8	Čtyřbodová metoda měření tuhosti [18]	24
Obrázek 9	Zařízení pro testování odolnosti vůči ohybu podle ISO 2493-1 [21]	25
Obrázek 10	Geometrie ohybu lepenky [25]	27
Obrázek 11	Ukázka správného provedení ohybu rýhované lepenky [27]	29
Obrázek 12	Princip rýhování [25]	29
Obrázek 13	Schéma procesu při tvarování rýhy [26]	30
Obrázek 14	Drážkovací nástroj [25]	32
Obrázek 15	Drážka v lepence [25]	32
Obrázek 16	Sestava přířezů na nástroji [25]	34
Obrázek 17	Vysekávací lis s vylupováním odpadu [25]	34
Obrázek 18	Schéma blokového nástroje [25]	35
Obrázek 19	Perforování na principu stříhu [25]	36
Obrázek 20	Perforování na principu řezu [25]	37
Obrázek 21	Výseky umístěné na paletě	42
Obrázek 22	Označení měřených poloh a rozměrů výseku	43
Obrázek 23	Výsek s předepsanými rozměry	43
Obrázek 24	Rozložení užitků na tiskovém archu	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vysvětlení prvního písmena v kódu vícevrstvé lepenky	15
Tabulka 2 Vysvětlení druhého písmena v kódu vícevrstvé lepenky	15
Tabulka 3 Vysvětlení číslice v kódu vícevrstvé lepenky.....	18
Tabulka 4 Doporučení šířky rýhovacího nože a hrany matrice podle plošné hmotnosti lepenky [27]	30
Tabulka 5 Průměr a směrodatná odchylka z naměřených vlastností lepenky Carta Integra.....	50
Tabulka 6 Hodnoty uvedené v technickém listě lepenky Carta Integra.....	50
Tabulka 7 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Carta Integra, HSL 1.....	51
Tabulka 8 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Carta Integra, HSL 2.....	52
Tabulka 9 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Carta Integra, HSL 5.....	53
Tabulka 10 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Carta Integra, KRU 1	53
Tabulka 11 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Carta Integra, KRU 3	53
Tabulka 12 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Carta Integra, KRU 4	54
Tabulka 13 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Carta Integra, KRU 5	54
Tabulka 14 Průměr a směrodatná odchylka z naměřených vlastností lepenky Ningbo Fold.....	55
Tabulka 15 Hodnoty uvedené v technickém listě lepenky Ningbo Fold.....	55
Tabulka 16 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Ningbo Fold, HSL 1	56
Tabulka 17 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výseků z lepenky Ningbo Fold, HSL 2.....	56
Tabulka 18 Vyhodnocení odolnosti vůči ohybu na výsecích odebraných od balicí linky HSL 1	57
Tabulka 19 Nejnižší a nejvyšší hodnota odolnosti vůči ohybu, Carta Integra, balicí linka HSL 1	58
Tabulka 20 Zbytková odolnost v lince ohybu a tloušťka výseků od balicí linky HSL 1	59
Tabulka 21 Vyhodnocení ostatních měřených parametrů u výseků od balicí linky HSL 1	60
Tabulka 22 Sada výseků s nejnižší a nejvyšší relativní vlhkostí lepenky, Carta Integra, HSL 1.....	60
Tabulka 23 Sada výseků s nejnižší a nejvyšší relativní vlhkostí vzduchu, Carta Integra, HSL 1	60
Tabulka 24 Výseky s nejnižší a nejvyšší absolutní vlhkostí lepenky, Carta Integra, HSL 1	61
Tabulka 25 Tabulka se zjištěnými rozměry výseků, Carta Integra, HSL 1	61
Tabulka 26 Průměry kvartilových skupin bezproblémových výseků, Carta Integra, balicí linka HSL 1	62
Tabulka 27 Průměry kvartilových skupin problémových výseků, Carta Integra, balicí linka HSL 1.....	62
Tabulka 28 Vyhodnocení odolnosti vůči ohybu na výsecích odebraných od balicí linky HSL 2.....	65
Tabulka 29 Nejnižší a nejvyšší hodnota odolnosti vůči ohybu, Carta Integra, balicí linka HSL 2	66
Tabulka 30 Zbytková odolnost v lince ohybu a tloušťka výseků od balicí linky HSL 2	67
Tabulka 31 Vyhodnocení ostatních měřených parametrů u výseků od balicí linky HSL 2	67
Tabulka 32 Sada výseků s nejnižší a nejvyšší relativní vlhkostí vzduchu, Carta Integra, HSL 2	68

Tabulka 33 Výseky s nejnižší a nejvyšší absolutní vlhkostí lepenky, Carta Integra, HSL 2	68
Tabulka 34 Tabulka se zjištěnými rozměry výseků, Carta Integra, HSL 2.....	68
Tabulka 35 Průměry kvartilových skupin bezproblémových výseků, Carta Integra, balicí linka HSL 2	69
Tabulka 36 Průměry kvartilových skupin problémových výseků, Carta Integra, balicí linka HSL 2.....	69
Tabulka 37 Vyhodnocení odolnosti vůči ohybu na výsecích odebraných od balicí linky HSL 1	72
Tabulka 38 Nejnižší a nejvyšší hodnota odolnosti vůči ohybu, Ningbo Fold, balicí linka HSL 1.....	73
Tabulka 39 Zbytková odolnost v lince ohybu a tloušťka výseků od balicí linky HSL 1	74
Tabulka 40 Vyhodnocení ostatních měřených parametrů u výseků od balicí linky HSL 1	74
Tabulka 41 Tabulka se zjištěnými rozměry výseků, Ningbo Fold, HSL 1	75
Tabulka 42 Průměry kvartilových skupin bezproblémových výseků, Ningbo Fold, balicí linka HSL 1	75
Tabulka 43 Průměry kvartilových skupin problémových výseků, Ningbo Fold, balicí linka HSL 1	75

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

MD – Machine Direction

CD – Cross Direction

B – Bezproblémové výseky

P – Problémové výseky

SD – Standard Deviation

HSL – High Speed Line

KRU – Kruhová balicí linka

RH – Relative Humidity

AH – Absolute Humidity

P4 – Poloha 4

P5 – Poloha 5

P3 – Poloha 3

P2 – Poloha 2

P1 – Poloha 1

ÚVOD

V dnešní době má na prodej výrobku často vliv vzhled a způsob jeho balení. Obalový průmysl se neustále rozvíjí a hledá nové materiály a vylepšení. Lepenka má na tomto trhu už své stálé místo a nachází se další aplikace pro její využití. Pro efektivní průběh balení je důležité znát vlastnosti použité lepenky a její chování v průběhu balicího procesu. S tím souvisí i znalost složení a struktury daného typu lepenky. Vzhledem k tomu, že se jedná o materiál, který je ovlivňován okolním klimatem, tak je důležité také sledovat atmosférické podmínky samotného balicího procesu a dodávky materiálu.

V teoretické části je uveden popis struktury, vlastností a zpracování vícevrstvé skládačkové lepenky. Druhá část se zabývá tím, jak okolní prostředí ovlivňuje tyto vlastnosti. Výsledkem je tedy přehled typů lepenek, jejich vlastností a způsobů jejich zpracování.

Experimentální část probíhala ve spolupráci s firmou Roll4You,s.r.o., která se zabývá výrobou cigaretových knížeček a kde řeší problém s nakládáním a zpracováním výseků ze skládačkové lepenky. Problémy bývají s vyskakováním výseků z forem, nesprávným přeložením, ucpáváním výseků v lince a vzhledem výsledných knížeček. Cílem je zjistit, jestli zkoumané parametry výseků ovlivňují provozuschopnost zařízení. Hodnocené vlastnosti lepenek se vybíraly i s ohledem na dostupná zkušební zařízení a možnosti firmy. Výsledkem práce je statistické zhodnocení sledovaných parametrů, na základě kterého byl zhodnocen vliv sledovaných vlastností lepenky na průchod výseků balicí linkou.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Vícevrstvá skládačková lepenka

Podle normy ISO 4046-3 „*lepenka je obecný termín používaný pro některé druhy papíru, obvykle charakterizované relativně vysokou tuhostí*“. Papír je obecné označení jak pro papír, tak pro lepenku. Lepenkou je většinou papír o vyšší tloušťce a plošné hmotnosti, ale nebývá tomu pravidlem. Například některé materiály nižší plošné hmotnosti, jako některé druhy skládačkových lepenek, se obecně pokládají za lepenku, zatímco jiné materiály vyšší plošné hmotnosti, např. některé druhy sacího papíru, se obecně pokládají za papír. [1]

Vícevrstvá lepenka se skládá z různých vrstev materiálu s odlišným složením [2].

1.1.1 Struktura

Vícevrstvá lepenka se vyrábí na papírenském stroji s podélným sítem a to tak, že na síto je postupně přiváděna papírovina jednoho složení a z další nátokové skříně papírovina jiného složení. Další výrobní varianta spočívá ve využití válcových sít. Jednotlivé vrstvy lepenky se tvoří na válcových sítích. Vytvořená vrstva papíroviny je z každého válcového síta snímána snímacím plstěncem, který se vede přes více válcových sít. Na každém válcovém síte dojde k sejmutí další vrstvy papíroviny a tím ke vzniku vícevrstvé lepenky. [3]

Rozvlákňováním dřeva, které se provede mechanickým způsobem, se získají krátká a tuhá vlákna, zatímco chemickým způsobem dlouhá a pružná vlákna. Z mechanicky získaných vláken se vyrábí objemný a tuhý papír zatímco z chemicky získaných vláken silný a pružný papír. Toho se využívá při výrobě vícevrstvé lepenky, kde každá vrstva může být vyrobena z odlišných vláken podle potřebných vlastností výsledné lepenky. [4]

Podle typů vrstev se vícevrstvé lepenky rozdělují do skupin s označením kódu, který definuje norma DIN 19303. Kód může být tvořen dvěma písmeny nebo jejich kombinací s číslicí. První písmeno v kódu označuje způsob povrchové úpravy a druhé pak označuje převažující typ vlákniny, která byla pro výrobu lepenky nebo kartonu použita. Číslicí se označuje volumen nebo zbarvení spodní strany kartonu nebo lepenky. Vysvětlení prvního písmena v kódu je uvedeno v Tabulce 1 a druhého písmena v Tabulce 2. [2; 5; 6; 7; 8; 9]

Tabulka 1 Vysvětlení prvního písmena v kódu vícevrstvé lepenky

Písmeno v kódu	Německá terminologie	Anglická terminologie	Česká terminologie
U	ung estrichener	uncoated	nenatíraný
G	gest richener	coated	natíraný
A	gußgest richener	cast-coated	s odlévaným nátěrem

Tabulka 2 Vysvětlení druhého písmena v kódu vícevrstvé lepenky

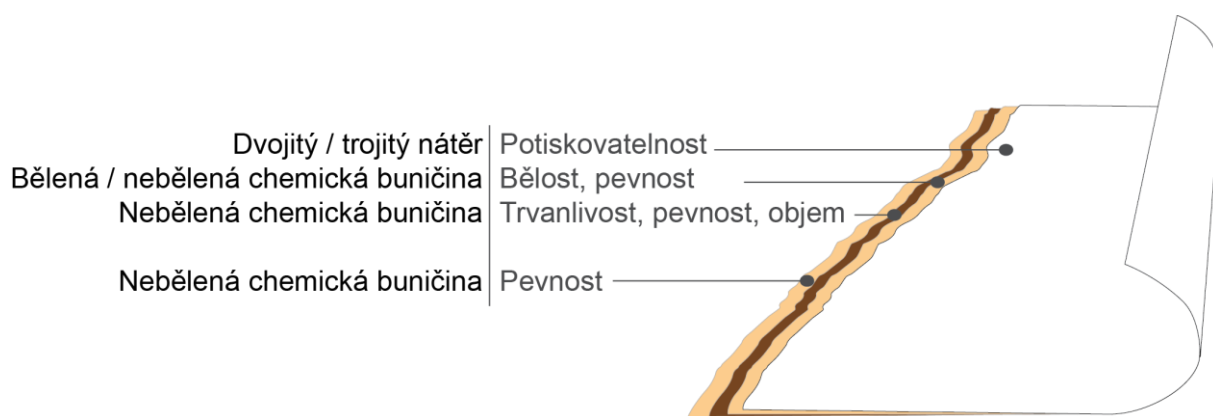
Písmeno v kódu	Německá terminologie	Anglická terminologie	Česká terminologie
Z	Vollgebleichter Zellstoffkarton	SBB (Solid Bleached Board)	lepenka z bělené chemické buničiny
N	Ungebleichter Zellstoffkarton	SUB (Solid Unbleached Board)	lepenka z nebělené chemické buničiny
C	Chromersatzkarton	FBF (Folding Box Board)	lepenka chromonáhrada
D	D uplex aus Recyclingfasern	WLC (White Lined Chipboard) with grey reverse	duplex z recyklovaných vláken
T	T riplex aus Recyclingfasern	WLC (White Lined Chipboard) with white, cream or brown reverse	triplex z recyklovaných vláken

Lepenka z bělené chemické buničiny: v anglické terminologii bývá označována jako SBS (Solid Bleached Sulphate) a vyrábí se ze sulfátové buničiny [8]. Vrchní a spodní strana může být opatřena pigmentovým nátěrem [6; 7; 8; 9]. Jedná se o velmi kvalitní lepenku jak z hlediska povrchových tak i optických a funkčních vlastností. Neovlivňuje aroma, proto se často používá pro balení potravin. Neobsahuje recyklovaná vlákna. [8]



Obrázek 1 Struktura lepenky z bělené chemické buničiny (SBB) [7]

Lepenka z nebělené chemické buničiny: Základní vrstva bývá hnědé barvy, proto pro dosažení bílého zabarvení může být jedna vrstva tvořena z bělené chemické buničiny, případně opatřena pigmentovým nátěrem. Nebělená chemická buničina může být částečně nahrazena mechanickou buničinou nebo recyklovanou vlákninou. [6; 7; 8; 9] Používá se zejména tam, kde jsou zvýšené nároky na pevnostní parametry a odolnost vůči vodě [8].



Obrázek 2 Struktura lepenky z nebělené chemické buničiny (SUB) [7]

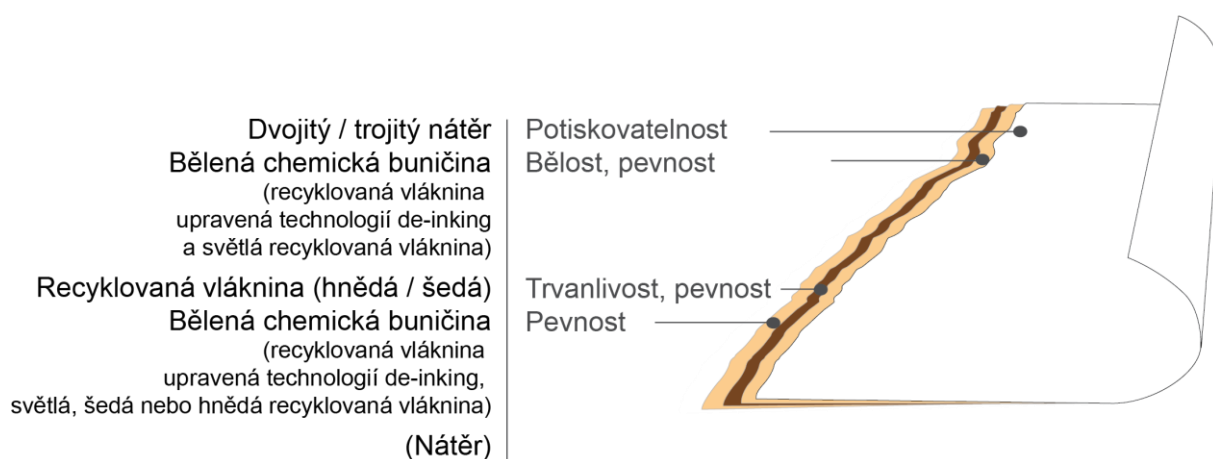
Lepenka chromonáhrađa: Tato lepenka se skládá z jedné nebo více vrstev chemické buničiny, mezi kterými je vrstva bělené dřevoviny nebo mechanické buničiny. Horní vrstva je z bělené chemické buničiny, spodní vrstva může být i z nebělené chemické buničiny. Dále může být povrch opatřen pigmentovým nátěrem. [6; 7; 8; 9] Tato lepenka má výbornou potiskovatelnost a díky obsahu pouze primárních vláken, je vhodná zejména pro balení potravin, protože neovlivňuje jejich chuť [8].



Obrázek 3 Struktura lepenky chromonáhrađa FBB [7]

Duplex z recyklovaných vláken: Jedná se o vícevrstvou lepenku, kdy střední a spodní vrstva je tvořena recyklovanými vlákny. Horní vrstva může být tvořena bělenou buničinou vyrobenou z primárních vláken nebo z recyklovaných vláken upravených technologií de-inking, při které dochází k odstranění tiskových barev z povrchu vláken. Povrch může být opatřen pigmentovým nátěrem. [6; 7; 8; 9]

Triplex z recyklovaných vláken: Vícevrstvá lepenka, kdy střední vrstva je z recyklovaných vláken. Horní a spodní vrstva může být tvořena z bělené buničiny vyrobené z primárních vláken nebo z recyklovaných vláken upravených technologií de-inking. Povrch může být opatřen pigmentovým nátěrem. [6; 7; 8; 9]



Obrázek 4 Struktura lepenky z recyklovaných vláken (WLC) [7]

Doplnění kódu o číslici nalezneme u typů lepenek N, C, D a T. Lepenka typu D má spodní vrstvu vždy šedé barvy, proto zde číslice označuje hodnotu volumenu, v ostatních případech označuje zabarvení spodní strany lepenky nebo kartonu. Přehled je uveden v Tabulce 3. [2; 7; 8; 9]

Tabulka 3 Vysvětlení číslice v kódu vícevrstvé lepenky

Číslice v kódu	Typ D	Číslice v kódu	Typ N, C, T
1	$V > 1,45 \text{ cm}^3/\text{g}$	1	Bílá barva
2	$V = 1,30\text{--}1,45 \text{ cm}^3/\text{g}$	2	Krémová barva
3	$V < 1,30 \text{ cm}^3/\text{g}$	4	Hnědá barva

1.1.2 Vlastnosti

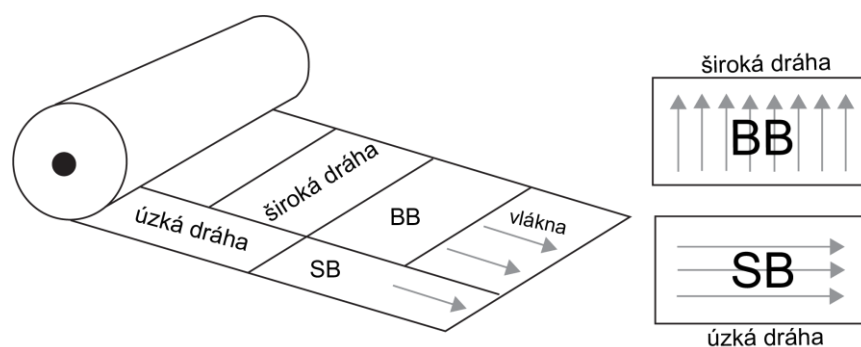
Vlastnosti papírů a lepenek rozdělujeme na všeobecné, fyzikální, mechanické, optické, chemické a funkční [10]. Na výsledný vzhled obalu mají vliv zejména optické vlastnosti, zatímco všeobecné, fyzikální, mechanické a funkční vlastnosti jsou důležité z hlediska dalšího zpracování. Níže je uveden přehled pouze vybraných parametrů, se kterými se dále bude pracovat.

1.1.2.1 Všeobecné vlastnosti

Směr výroby: Směr výroby papíru je ovlivněn pohybem vláken v papírenském stroji a to konkrétně na papírenském síti. Rozlišujeme podélný a příčný směr výroby, kdy podélný je rovnoběžný s pohybem síta a příčný je kolmý na tento směr. V anglické terminologii se

podélný směr označuje jako machine direction (MD) a příčný jako cross direction (CD). [8] Existují různé metody pro stanovení směru výroby. Jedním z nich je pozorování směru zkroucení vzorku papíru na vodní hladině. Osa zkroucení je rovnoběžná s podélným směrem výroby, protože papír se více rozpíná ve směru napříč. V další metodě se vyříznou dva proužky papíru z každého směru, o velikosti 15 mm na šířku a 150 mm na délku, uchopí se mezi prsty. Pokud proužky na sobě leží, znamená to, že spodní proužek je vyříznutý v podélném směru. Pokud se spodní proužek prohne, je vyříznutý v příčném směru. Směr výroby se dá zjistit také nepřímo z dalších metod pro testování vlastností papíru. [11]

Dráha papíru: Po rozřezání kotouče papíru na jednotlivé archy rozeznáváme dvě dráhy, které se zde vyskytují. Jedná se o tzv. úzkou dráhu (německy Schmalbahn – SB, anglicky Long Grain – LG), kdy vlákna jsou souběžná s delší stranou archu a tzv. širokou dráhu (německy Breitbahn – BB, anglicky Short Grain – SG), kdy vlákna jsou souběžná s kratší stranou archu. [12]



Obrázek 5 Ukázka směru vlákna a dráhy papíru [13]

Plošná hmotnost (ČSN EN ISO 536): Je to hmotnost papíru na jednotku plochy, uváděná v g/m^2 . Plošná hmotnost se zjišťuje pomocí kvadrantových vah nebo výpočtem, kdy se podělí hmotnost vzorku jeho plochou. [11]

Tloušťka (ČSN EN ISO 534): Jedná se o kolmou vzdálenost mezi protilehlými povrchy papíru. Udává se v mm nebo μm . Měří se tloušťkoměrem, kdy je papír vložen mezi dvě rovnoběžné plochy a snímá se pohyb horní plochy, která dosedá na vzorek. [11]

Objemová hmotnost papíru (ČSN EN ISO 534): Definuje se jako poměr hmotnosti materiálu a celkového objemu, který zaujímá. Vypočítá se z poměru plošné hmotnosti a tloušťky papíru. Uvádí se v kg/m^3 . Vyjadřuje do jaké míry je papír vyplněný vzduchem. Volumen (měrný objem) papíru je převrácenou hodnotou objemové hmotnosti. Čím vyšší má papír volumen, tím vyšší je jeho tloušťka vzhledem k dané plošné hmotnosti. [11]

1.1.2.2 Fyzikální vlastnosti

Vlhkost: Papír je hygroskopická látka a vyrovnává se vlhkosti okolního prostředí. Když je okolní klima vlhčí než papír, tak papír vlhkost přijímá a naopak, když je okolní prostředí sušší, tak se papír vlhkosti zbavuje. Vlhkost vzduchu ovlivňuje obsah vodní páry. Rozlišuje se absolutní a relativní vlhkost vzduchu. *Absolutní vzdušná vlhkost* je vyjádřena jako hmotnost vodní páry v 1 m³ vzduchu. *Relativní vzdušná vlhkost* je podíl hmotnosti vodní páry obsažené ve vzduchu, k hmotnosti vodní páry, kterou by při dané teplotě a tlaku byl daný objem vzduchu plně nasycen. Uvádí se v procentech a v praxi se s ní dá setkat častěji než s absolutní vzdušnou vlhkostí, díky jejímu snazšímu zjištění. Měří se pomocí psychrometru, vlasového vlhkoměru nebo dnes nejčastěji digitálního vlhkoměru. [11]

Absolutní vlhkost papíru označuje množství vody v papíru a zjistí se z rozdílu hmotnosti vzorku při odběru a po vysušení do konstantní hmotnosti a vyjadřuje se v procentech hmotnosti vzorku při odběru. Pohybuje se mezi 5 až 10 %. [14]

Rovnovážná relativní vlhkost papíru je vlhkost vzduchu mezi jednotlivými archy papíru ve stohu. Měří se měčovými vlhkoměry a její optimální hodnota je kolem 50 %.

Hladkost, drsnost: Vyjadřuje stav povrchu papíru. Je ovlivněná složením papíroviny, jejím zpracováním na papírenském stroji a dalšími povrchovými úpravami. Měříme ji buď přímo různými profiloměry nebo nepřímo. Nepřímé metody jsou založené na předpokladu, že objem vzduchu, který prochází volnými prostory v povrchu papíru přitlačeného na hladkou plochu je nepřímo úměrný hladkosti papíru. Pokud se naměřená hodnota zvyšuje se zvyšující se hladkostí povrchu, označujeme parametr jako hladkost. U drsnosti se naměřená hodnota zvyšuje se snižující se hladkostí povrchu. [11]

Hladkost podle Bekka (ISO 5627) vyjadřuje dobu v sekundách nutnou pro projití 10 cm³ vzduchu z okolního prostředí do podtlakové komory zkušebního přístroje mezi povrchem papíru a povrchem hladké skleněné destičky. [11]

Drsnost podle Bendtsena (ČSN ISO 8791-2) je vyjádřena množstvím vzduchu v ml/min, které působením přetlaku pronikne mezi povrchem papíru a přiléhajícím kovovým prstencem měrné hlavice. [15]

Drsnost podle Parkera (ISO 8791-4) se měří obdobným způsobem jako drsnost podle Bendtsena. Změna je pouze v uspořádání měrné hlavice. Rychlost proudění vzduchu je přepočítána na střední vzdálenost mezi povrchem papíru a měrnou hlavicí v μm. [11]

1.1.2.3 Mechanické vlastnosti

Tuhost: Tuhost je po plošné hmotnosti a tloušťce další důležitá vlastnost lepenky a má význam především pro určení správného typu lepenky pro různé typy obalů. Právě zde tuhost lepenky zajišťuje správnou funkci obalu. Je to vlastnost, která ovlivňuje zpracovatelnost lepenky v balicí lince a tím její efektivnost. Tuhost lepenky v případě obalů hraje důležitou roli v celém distribučním řetězci až po maloobchodní prodejce a spotřebitele.

Tuhost vyjadřuje odolnost lepenky vůči vnější síle, která se jí snaží deformovat. Můžeme ji také definovat jako sílu, potřebnou k ohnutí vzorku lepenky určitých rozměrů pod definovaným úhlem. Z této definice vychází většina metod měření tuhosti lepenky. [11]

U vícevrstvých lepenek tuhost ovlivňují především povrchové vrstvy, kdežto vrstvy střední, zpravidla méně kvalitní, zvyšují tloušťku materiálu. Pro to, aby lepenka dokázala odolávat trvalému zatížení při ohýbání, je tedy nutná vysoká pružnost a pevnost jejích povrchových vrstev v tahu. Tyto vlastnosti jsou ovlivněny především typem použité vlákniny. Nejčastěji je používána chemická buničina vyrobená ze dřeva smrku nebo borovice. Její dlouhá, dobře mezi sebou vázaná vlákna dávají horní vrstvě lepenky dostatečnou pružnost a pevnost. Typ použité vlákniny ovlivní také tloušťku lepenky. S použitím mechanické vlákniny je možno dosáhnout většího volumenu vrstvy lepenky a tím její větší tloušťky při zachování hodnoty plošné hmotnosti, proto se často používá do středních vrstev vícevrstvé lepenky. Pro optimální využití vlastností jednotlivých typů vláknin je nutné, aby jednotlivé vrstvy lepenky byly mezi sebou dobře provázány. Tuhost lepenky je možné zvýšit také používáním buničin s velkým obsahem hemicelulózy, přísadkou škrobu nebo vodního skla apod. do hmoty, popřípadě vyšším stupněm opracování vláken. [11; 15]

Tuhost lepenky je přímo úměrná modulu pružnosti, který je definován jako poměr napětí a jím vyvolané deformace [11]. Každý materiál má určitý modul pružnosti závislý na jeho složení. Tuhost je úměrná modulu pružnosti a tloušťce materiálu přibližně podle následující rovnice [15]:

$$S = k \cdot E \cdot t^3 \quad [1]$$

S – tuhost

k – konstanta

E – modul pružnosti

t – tloušťka materiálu

Pro nehomogenní materiály, jakými vícevrstvé lepenky jsou, nedosahuje exponent tloušťky hodnoty 3, ale většinou 2,5–2,6. Každopádně je tuhost lepenky výrazně ovlivněna její tloušťkou. Pokud se tloušťka lepenky zdvojnásobí, její tuhost se zvýší zhruba 5,5×. [15]

Pružnost lepenky a tím i její tuhost je výrazně ovlivněna vlhkostí. Uvádí se, že největší tuhost má lepenka při 50% relativní vzdušné vlhkosti. Vzroste-li absolutní vlhkost lepenky o 1 %, dojde ke snížení její tuhosti o 10 %. [15]

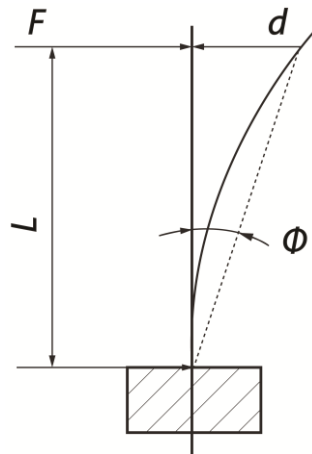
Tuhost lepenky můžeme vyjádřit pomocí následujících veličin: tuhosti v ohybu (ang. bending stiffness, jednotka mNm), odolnosti vůči ohybu (ang. bending resistance, jednotka mN) a ohybového momentu (ang. bending moment, jednotka mNm). [15]

Pro měření odporu lepenky proti ohybové síle existuje řada metod založených na dynamických nebo statických podmínkách. Na dynamických podmínkách je založena metoda, kterou popisuje norma ČSN ISO 5629. Tato metoda je založena na stanovení vibrační rezonanční délky zkušební vzorku, uchyceného na jednom konci, za stanovených podmínek. Vibrační rezonanční délka materiálu vystaveného vibraci s danou frekvencí závisí na jeho tuhosti v ohybu a plošné hmotnosti. Tuhost v ohybu se tedy vypočítá ze zjištěné rezonanční délky a plošné hmotnosti vzorku lepenky. [16]

Obecný princip statických metod popisuje norma ISO 5628. Podle této normy existují tři způsoby pro statické měření tuhosti v ohybu. Jedná se o dvoubodovou, třibodovou a čtyřbodovou metodu. Dvoubodová a třibodová metoda se používá pro papíry a lepenky

nižších plošných hmotností, pro lepenky vyšších plošných hmotností a vlnité lepenky se využívá čtyřbodová metoda. [17]

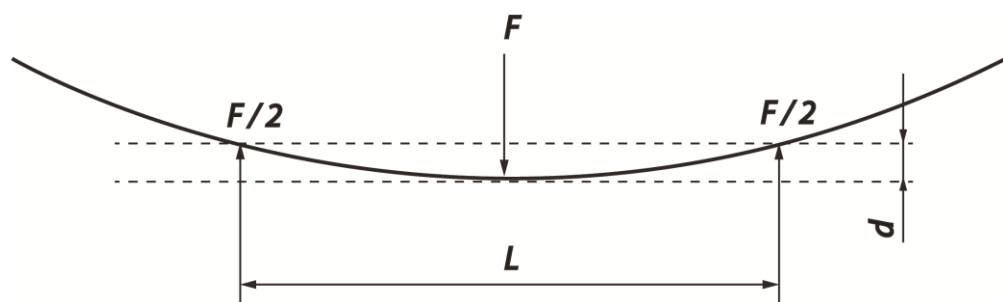
Dvoubodová metoda je taková metoda, kdy je vzorek uchycen na jedné straně a na druhé volné části vzorku dochází k vychýlení. Schéma této metody ukazuje Obrázek 6. [18]



Obrázek 6 Dvoubodová metoda měření tuhosti [18]

L – testovací vzdálenost (vzdálenost mezi horní stranou svorek a vychylovací sondou), F – ohybová síla aplikovaná pomocí vychylovací sondy na vzorek, d – vychýlení, Φ – úhel vychýlení ($= \arctan(d/L)$)

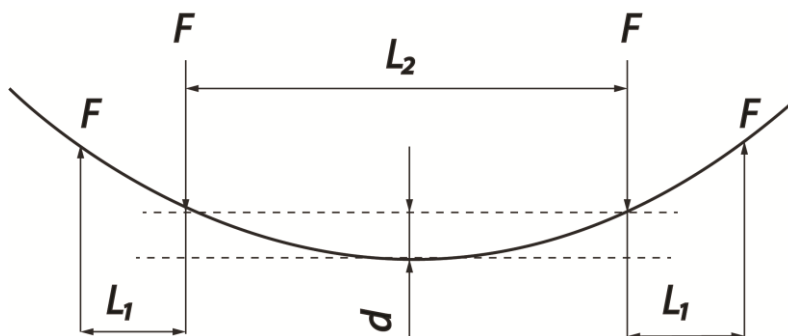
U tříbodové metody je vzorek upevněn na obou krajích na podpěrách a uprostřed mezi těmito podpěrami působí síla, která se snaží vzorek ohnout. [18]



Obrázek 7 Tříbodová metoda měření tuhosti [18]

L – vzdálenost mezi podpěrami, F – ohybová síla působící kolmo na vzorek, d – prohnutí vzorku v místě uprostřed mezi podpěrami

Čtyřbodová metoda je uspořádáním podobná třibodové, ale vzorek je zde umístěn mezi dvěma páry podpěr – vnitřními a vnějšími. Ohybová síla působí v místech těchto podpěr. [18]



Obrázek 8 Čtyřbodová metoda měření tuhosti [18]

L_1 – vzdálenost mezi vnější a vnitřní podpěrou, L_2 – vzdálenost mezi dvěma vnitřními podpěrami, d – prohnutí vzorku v místě uprostřed mezi vnitřními podpěrami

Použití výše uvedených metod má některá omezení. Maximální možné prohnutí vzorku d_a v mm musí odpovídat následujícím vztahům: [18]

Dvoubodová metoda: $d_a = \frac{1,3L^2}{t}$, $\Phi_a = \frac{76L}{t}$

Třibodová metoda: $d_a = \frac{0,33L^2}{t}$

Čtyřbodová metoda: $d_a = \frac{0,5L^2}{t}$

L je délka vzorku [mm] a t je tloušťka vzorku [μm].

Tuhost vzorků získáme výpočtem z následujících rovnic [18]:

Dvoubodová metoda: $S = \frac{FL^3}{3db}$

– pokud je vzorek ohýbán pod konstantním úhlem a jeho hodnota je známa: $S = \frac{19,1FL^2}{\Phi b}$

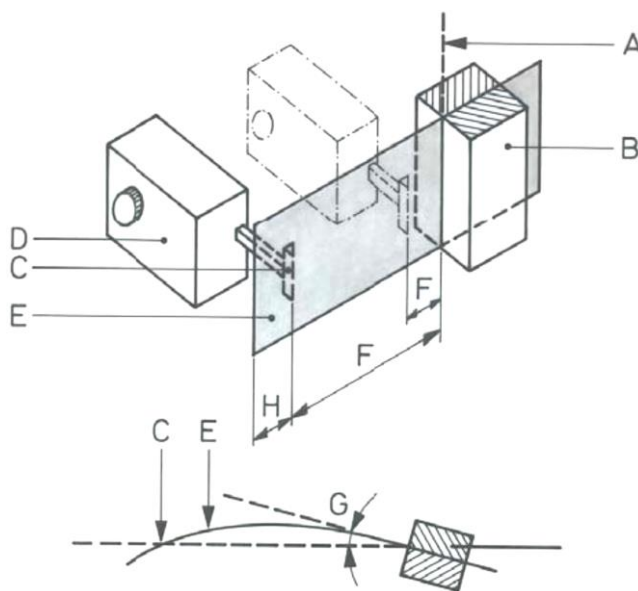
Třibodová metoda: $S = \frac{FL^3}{48db}$

Čtyřbodová metoda: $S = \frac{FL_1L_2^2}{8db}$

S – tuhost [mNm], F – ohybová síla [N], L – délka vzorku [mm], b – šířka vzorku [mm],
 d – prohnutí vzorku [mm], Φ – úhel vychýlení vzorku [$^\circ$], L_1 – vzdálenost mezi vnější a její
nejbližší vnitřní podpěrou [mm], L_2 – vzdálenost mezi vnitřními podpěrami [mm]

Některé metody jsou vhodnější pro materiály s nižší tuhostí, např. rezonanční metoda, jiné pro materiály s vysokou tuhostí (např. pro vlnité lepenky) – čtyřbodová metoda. Nejčastěji používaná je dvoubodová metoda, která může být realizovaná různým způsobem.

Jednotlivé způsoby měření popisuje norma ISO 2493, která má dvě části ISO 2493-1 [19] a ISO 2493-2 [20]. Norma ISO 2493-1 definuje odolnost vůči ohybu (bending resistance) jako odolnost vzorku lepenky obdélníkového průřezu, který je na jedné straně upnutý do svorek vůči síle, která způsobuje jeho ohýbání, při měření za stanovených podmínek. Odolnost vůči ohybu se měří s ohledem na sítovou a lícovou stranu lepenky, měřená strana má během měření konkávní prohnutí. Dále je při měření nutné zohlednit směr výroby papíru. Vzorek je uchycen do zařízení tím způsobem, že směr výroby je kolmý na linku uchycení vzorku do svorek. Odolnost vůči ohybu (v mN) se stanovuje pro vzorek šířky 38 mm, který je ohýbán pod úhlem 15° . Pro vzorky, u kterých při tomto úhlu dojde k poškození, se používá úhel $7,5^\circ$. Princip měření je takový, že obdélníkový vzorek je na jednom konci upevněn do upínacího zařízení, volná část vzorku je v kontaktu s tupým nožem, pomocí kterého je měřena odolnost vůči ohybu při pootočení upínacího systému o úhel 15° nebo $7,5^\circ$. Vzdálenost nože od místa uchycení vzorku, je běžně 50 mm, pro vzorky s nižší tuhostí se používá 10 mm. Sílu potřebnou k ohnutí vzorku o daný úhel v mN (odolnost vůči ohybu) měří senzor, na kterém je namontovaný měřicí tupý nůž. Schéma měřicího zařízení je na Obrázku 9. [21]



Obrázek 9 Zařízení pro testování odolnosti vůči ohybu podle ISO 2493-1 [21]

A – osa pohybu upínacího zařízení, B – upínací zařízení, C – hrana tupého nože, D – senzor, na kterém je upevněn tupý nůž a který měří odolnost vůči ohybu, E – vzorek, F – testovací vzdálenost (50 mm nebo 10 mm), G – úhel ohybu (15° nebo $7,5^\circ$), H – volná délka zkušební vzorku

Pro testování by se mělo použít 10 vzorků a to pro oba směry výroby, tedy jak pro příčný tak i pro podélný směr, z toho 5 vzorků pro lícovou a 5 pro sítovou stranu papíru. Pokud je potřeba porovnat odolnost vůči ohybu pro materiály s různou plošnou hmotností, počítá se tzv. index odolnosti vůči ohybu podle následující rovnice [21]:

$$F_B^w = \frac{10^6 F_B}{w^3}$$

F_B^w – index odolnosti vůči ohybu [Nm^6/kg^3], F_B – odolnost proti ohybu [mN], w – plošná hmotnost vzorku [g/m^2]

Stejný princip měření odolnosti vůči ohybu popisují normy T556 a SCAN-P 29 [22; 21]

Podle normy ISO 2493-2 se tuhost lepenky vyjadřuje jako ohybový moment, jímž se ohne vzorek šířky 38 mm o 15° od středové osy při měřené délce vzorku 50 mm. Ohybový moment je definován jako práce, kterou musíme vynaložit, abychom ohnuli vzorek daných rozměrů za stanovených podmínek. Jednotkou je mNm. [20]

Stejný princip měření popisují normy T489 a T566 [23; 24].

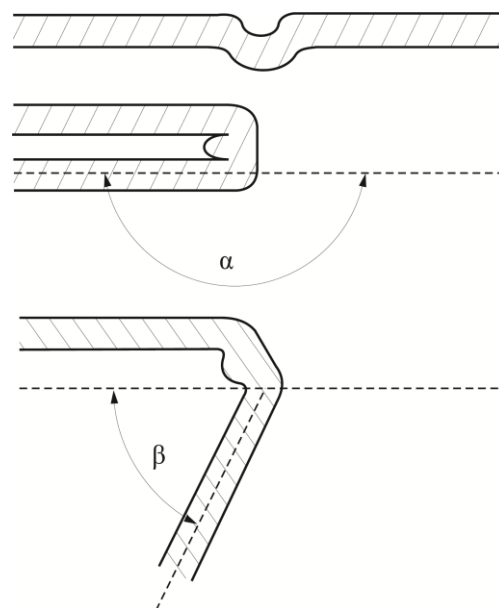
1.1.2.4 Funkční vlastnosti

Rýhovatelnost: Vlastnost, která říká, jak snadno lze vytvořit v lepence rýhu. Tedy jestli jsou pro vytvoření rýhy nutná přesná nastavení nebo lze lepenku bez problémů různě ohýbat. Ovlivňuje je ji složení lepenky a způsob jejího zpracování. Rýhovatelnost je definovaná poměrem šířky nástrojové matrice k hloubce zatlačené lepenky. Hledá se taková kombinace šířky a hloubky matrice, kdy lepenka v místě ohybu nepraská ve vrchních vrstvách. Daná hodnota závisí na podmínkách výroby – aktuální relativní vzdušné vlhkosti a teplotě. Měla by se zjišťovat vždy před rýhováním a to na speciálním testovacím přístroji [25]. Rýhovatelnost je rozdílná v příčném a podélném směru [26].

Rýhovatelnost je tím lepší, čím větší hloubka rýhy se dá vytvořit bez poškození lepenky v daném místě. Rýhovatelnost se hodnotí laboratorně a slouží k tomu speciální zařízení, které by mělo co nejpřesněji napodobit chování planžetových nástrojů. Výsledkem měření jsou parametry, které vypovídají o kvalitě rýhy. Patří sem jakost a rovnoměrnost ohybu v místě rýhy v úhlu 180° , zbytková odolnost lepenky při ohýbání v rýhovaném místě, síla a úhel zpětného pružení a mechanické vlastnosti hrany. [25]

Laboratorními přístroji se zjišťuje:

- *Zbytková odolnost v lince ohybu:* Je definovaná jako síla, kterou je nutno vynaložit pro ohnutí vzorku v místě linky ohybu. Tato síla se dává do poměru se silou nutnou k ohnutí vzorku v nerýhovaném místě pro určení kvalitativní míry zbytkové odolnosti v %. Je to parametr, který rozhoduje o přesnosti slepení výseku v balicích zařízeních. Čím menší je hodnota zbytkové odolnosti, tím lépe pro další zpracování. [25]
- *Síla zpětného pružení:* Vzniká jako důsledek tažného napětí vnějších vrstev lepenky a odporu, který vzniká ve vnitřních stranách lepenky kvůli jejich stlačování při ohýbání. Je to úhel, pod kterým se lepenka snaží vrátit do své původní polohy, když je ohnutá o 180° . Sleduje se rychlost a síla zpětného pružení. Tato vlastnost může způsobit vyboulení výsledných krabiček. Je to způsobené tím, že i po narýhování se některé vazby mezi jednotlivými vrstvami lepenky nezničí. Řešením je stlačení lepenky v místě ohybu, což ale zhoršuje mechanické vlastnosti hrany. [25]
- *Mechanická pevnost lepenky v lince ohybu:* Je vyjádřena zbytkovou pevností v průtlaku (procentuální podíl mezi pevností v průtlaku rýhované a ohnuté lepenky o 180° a pevností v průtlaku v nerýhované části v kPa) nebo zbytkovou pevností v tahu. Ke zhoršení mechanických vlastností v místě ohybu dochází kvůli porušení vazeb mezi vrstvami lepenky a kvůli deformaci vrstev. Při nesprávně provedeném rýhování dochází k popraskání vrstev lepenky v místě ohybu. [25]



Obrázek 10 Geometrie ohybu lepenky [25]

α – ohnutí lepenky o 180° , β – síla zpětného pružení

1.1.3 Zpracování

Vzhledem k tomu, že se lepenka často používá jako obal pro výrobky, je nutné ji nějakým způsobem upravit, aby se lépe skládala. Tyto operace tedy mají za cíl snížit tuhost v místě ohybu tak, aby byl lom vzhlednějši a snadněji proveditelný. [25]

1.1.3.1 Nařezávání

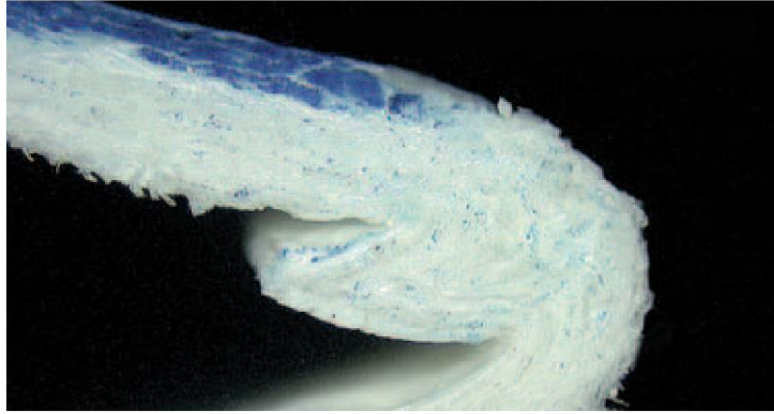
Linka ohybu se zde vytváří nařiznutím vnějších vrstev lepenky. Nařezávání se provádí kruhovými nebo planžetovými noži a to do poloviny až tří čtvrtin tloušťky lepenky. Při správném a rovnoměrném ohybu se získá hladký, rovný lom. Nevýhodou je, že dochází k výraznému zhoršení mechanických vlastností lepenky. Proto se tato technika používá hlavně tam, kde později dochází k potahování lepenky. Polepením se lepidlo dostane do nařiznuté části, kterou zaplní a vytvoří se tak pružná vrstva, která zlepšuje pevnost hrany. Používá se u lepenek s vysokou plošnou hmotností kolem 400–900 g/m². [25]

1.1.3.2 Žlábkování

Je podobné způsobu nařezávání, ale používá se pro tlustší lepenky. Žlábek se vytváří nařezáním lepenky do poloviny až 65 % tloušťky lepenky. Díky tomu se lepenka snadněji ohýbá a to žlábkem dovnitř ohybu. Maximálně lze takto upravenou lepenku ohnout pod úhlem 90°. Výhodou je, že vnější hrana zůstane neporušena, ale i tak se tento způsob využívá jen výjimečně. Provádí se kruhovými nůžkami nebo speciálními žlábkovacími stroji s obdélníkovým nebo trojúhelníkovým profilem. [25]

1.1.3.3 Rýhování

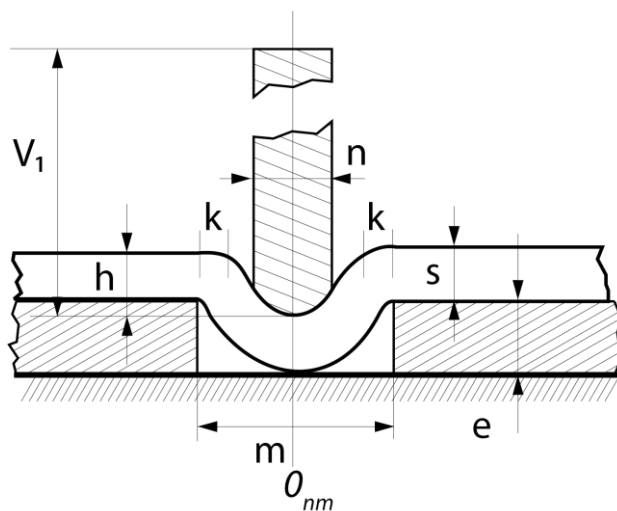
Rýhování se v lepence vytváří zahluobená linka pro snadnější ohyb v určitém místě [26]. Je to nejčastější způsob tvarování pokud potřebujeme lepenku dále skládat. Vytvořením rýhy se stlačí vrstvy lepenky a zároveň se vytvoří rezerva, o kterou se lepenka při ohybu roztáhne a nepopraská [25]. Při ohybu v místě rýhy dochází k delaminaci jednotlivých vrstev lepenky [8]. Průzkum ukázal, že neoptimálnějšího lomu je dosaženo tehdy, když vyboulené vrstvy lepenky směřují směrem dovnitř po skladu, jak ukazuje Obrázek 11 [27]. Každý druh lepenky vyžaduje jinou sílu pro vytvoření rýhy. V místě rýhování se zhoršují mechanické vlastnosti, proto je nutné zvolit takovou sílu, která zabezpečí bezproblémové ohýbání, ale zároveň nezpůsobí výrazné zhoršení pevnosti v místě ohybu. Kvůli balicím zařízením je nutné specifikovat technické parametry zvoleného rýhování. Jedná se o sílu potřebnou k ohnutí vzorku, sílu zpětného pružení, přesnost a rovnoměrnost ohybu. [25]



Obrázek 11 Ukázka správného provedení ohybu rýhované lepenky [27]

Kvalitu vytvořené rýhy ovlivňují tyto parametry [25]:

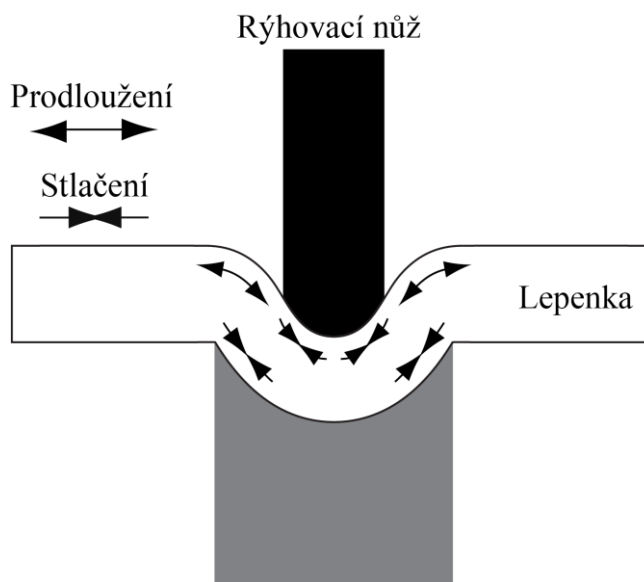
- Tloušťka lepenky s
- Rozteč rýhovacích hran matrice m
- Šířka rýhovacího nástroje n
- Hloubka zatlačení lepenky do matrice h
- Hloubka drážky matrice e
- Rychlost pohybu rýhovacího nástroje proti rýhované lepence
- Mechanické vlastnosti lepenky



Obrázek 12 Princip rýhování [25]

s – tloušťka lepenky, m – rozteč rýhovacích hran matrice, n – šířka rýhovacího nástroje, h – hloubka zatlačení lepenky do matrice, e – hloubka drážky matrice, 0_{nm} – osa vedení nástrojů, V_1 – výška rýhovacího nástroje, k – stažení lepenky

Při rýhování dochází k plastické deformaci. Namáháním v tahu se vrstvy lepenky posouvají ze stran do vytvořené rýhy, až dochází k tzv. protažení. Protažení závisí na tloušťce lepenky, na vzdálenosti dalších rýh a na hloubce vytvořené rýhy. Významně ovlivňuje mechanické vlastnosti v místě ohybu a je to parametr, který rozhoduje, v jaké minimální vzdálenosti může být jedna rýha od druhé. Kvůli vytvořené rýze dochází ke zmenšení rozměrů výseku, k tzv. stahování, s tím je potřeba počítat a přidat přírůstek pro rýhování pro dodržení předepsaných rozměrů výseku. [25] Tento proces je znázorněn na Obrázku 13 [26]. Společnost Sappi provedla studii, ze které vzniklo doporučení pro kombinaci šířky rýhovacího nože a rýhovací hrany matrice podle plošné hmotnosti materiálu. Tento přehled je uveden v Tabulce 4 [27].



Obrázek 13 Schéma procesu při tvarování rýhy [26]

Tabulka 4 Doporučení šířky rýhovacího nože a hrany matrice podle plošné hmotnosti lepenky [27]

Rýhovací nůž mm	Šířka rýhovací hrany matrice v mm				
	170 g/m ²	200 g/m ²	250 g/m ²	300 g/m ²	350 g/m ²
0,5	0,8	0,8–1,0	1,0	1,0	–
0,7	0,8–1,0	1,0	1,0	1,0–1,3	1,3
1,0	–	1,0–1,3	1,0–1,3	1,3	1,3–1,5

Způsoby rýhování:

1. Přítlakové

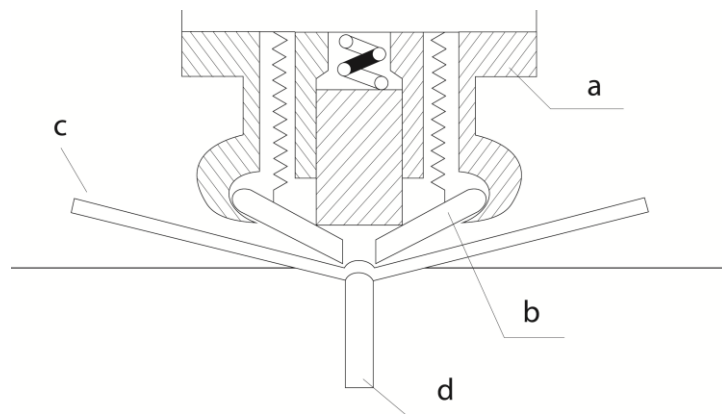
- *Rýhování nástrojem proti ploché podložce:* Tímto způsobem dochází pouze ke stlačení vrstev lepenky. Využívá se u lepenek s malou plošnou hmotností, přičemž bezproblémový ohyb lze provést jen do úhlu 90°. [25]
- *Rýhování planžetovým nástrojem proti matrici:* Nejčastější způsob rýhování, který je kombinací rýhování a vysekávání při jednom průchodu zařízením. Podmínkou je, že rýhovací nože musí být vždy menší než ty vysekávací [8]. Rýhovací a vysekávací linky jsou zasazeny do jedné planžetové formy, kde tloušťka linek bývá 0,7 mm a výška se upravuje broušením. Nejčastější výška rýhovacích nožů je 23,3 mm. Kvalitu provedené rýhy ovlivňuje tvar hrany vysekávacího nože, existují tedy různé profily. Proti planžetové protitlakové formě je v přesné poloze umístěna matrice. Využívá se soustava plocha – plocha i plocha – válec. [25]

2. Rotační

- *Rýhování rýhovacím kotoučem proti válci:* Uplatňuje se při rýhování dvouvrstvých vlnitých lepenek, kdy se dutina vlny stlačí ke krycí vrstvě. Ohyb je možný jen do úhlu 90° kvůli silnému odporu vlnité lepenky. Rýhuje se jak proti válci, tak i proti ploše. [25]
- *Rýhování rýhovacím kotoučem proti drážce na válci:* Rýha vzniká tak, že rýhovací kotouč vtlačuje lepenku do drážky na válci, který je umístěn naproti kotouči. [25]
- Pro speciální účely se využívají další kombinace válců. [25]

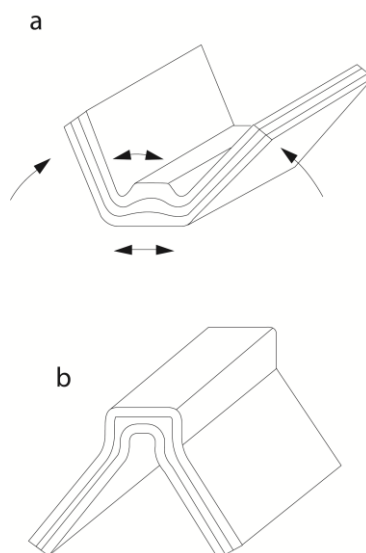
1.1.3.4 Drážkování

Drážkování je způsob, kdy se vytváří linka ohybu tak, že dvě drážkovací lišty tvarují a stlačují část lepenky do reliéfu proti spodnímu výstupku. Používá se pro tlustší plné lepenky. Díky stlačení vrstev se lepenka dobře ohýbá na obě strany až do úhlu 180°. Jak je vidět na Obrázku 14 tak vzniklá hrana je rovná a není popraskaná, protože stlačením vrstev vzniká rezerva materiálu, která kompenzuje jejich napínání. Drážkování se dá použít na všechny typy lepenky, zejména pak na snadno lámavé nebo u těžších kartonáží. Drážkováním se opět zhoršují mechanické vlastnosti v místě ohybové linky. [25]



Obrázek 14 Drážkovací nástroj [25]

a – břevno, b – drážkovací lišta, c – lepenka, d – drážkovací výstupek



Obrázek 15 Drážka v lepence [25]

a – drážka vně, b – drážka uvnitř

Provádí se na:

- *Periodicky pracujících zdvihových strojích:* Lepenku nazdvihuje výstupek a na plochu dosedají drážkovací lišty, které se po vytvarování reliéfu vrací zpět do své původní polohy. Současně nelze vytvářet více drážek najednou, každá další drážka se vytváří postupně. [25]
- *Rotačních drážkovacích strojích:* Lepenka je vedena mezi dvěma válci. Vrchní válec obsahuje drážkovací lišty a spodní výstupek. Drážkování se provede přitlakem obou válců na procházející lepenku. [25]

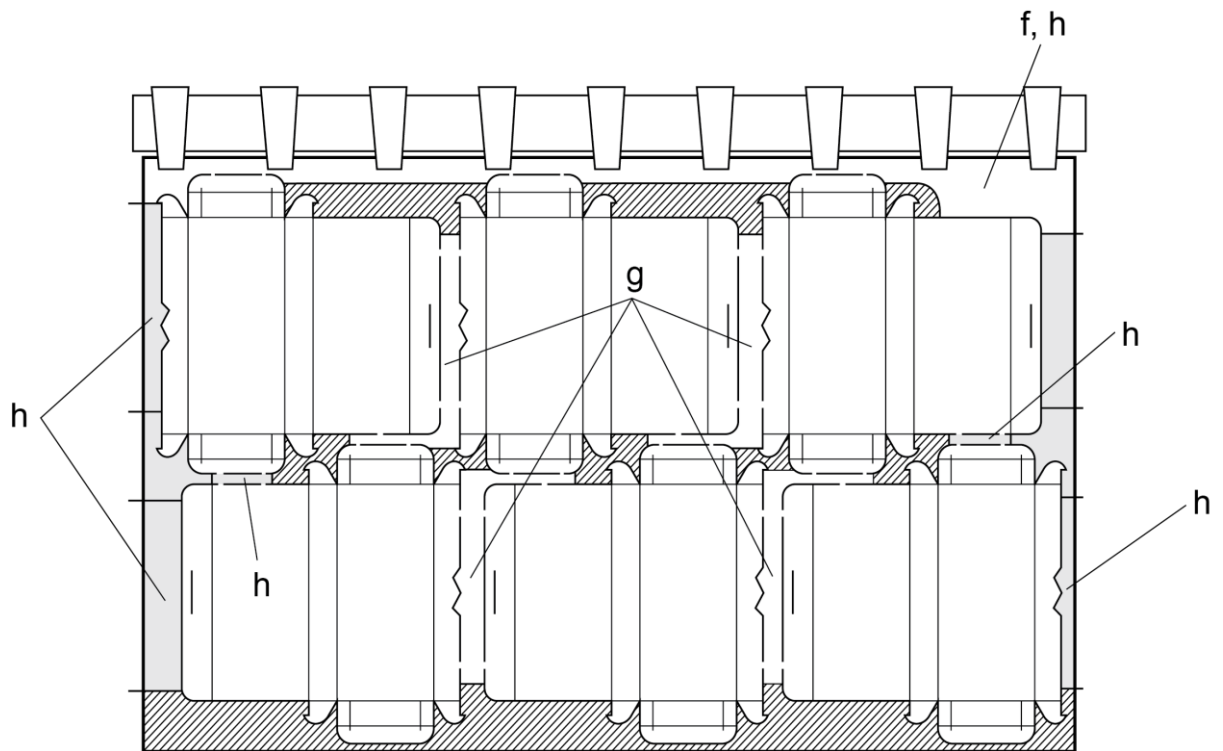
Drážkováním se zmenšuje rozměr výseku. S tímto je třeba počítat. [25]

1.1.3.5 Vysekávání

Výsledkem této operace je produkt předepsaných rozměrů nazývaný výsek. Ve většině případů se vysekávání kombinuje s dalšími tvarovacími postupy jako rýhování, perforování, nařezávání apod. Existují dvě zařízení k tomuto účelu – planžetové a blokové vysekávací nástroje. [25]

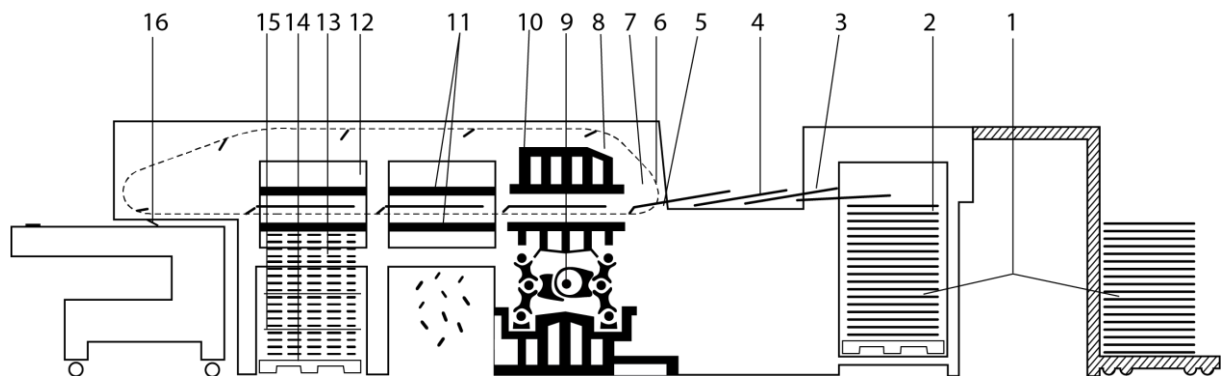
Planžetové vysekávací nástroje: Vysekávání probíhá na principu řezu a výsek je s okolní plochou spojen můstky. Spojovací můstky drží arch v celku a vytváří se tak, že v místě jejich výskytu je vysekávací nůž ztupen. Můstky jsou umístěny tak, aby po složení výseku nebyly na viditelném místě. Při použití této metody se tedy výseky musí ještě dodatečně vylupovat. [25] Úkolem spojovacích můstků je přidržit jednotlivé výseky propojeny než se přesunou do další části stroje [8; 26]. Musí být tedy dostatečně pevné, aby výseky udržely, ale zároveň musí být snadno odstranitelné pro závěrečné oddělování. [26] Uspořádání stroje může být plocha na plochu, plocha na válec nebo soustava rotujících válců. Planžetová forma se vyrábí takovým způsobem, aby byla co nejvíce využita plocha lepenky. Na přesnost zhotovené planžety jsou kladeny vysoké nároky, už při návrhu se musí počítat s rozměrovými změnami při ohybu a dalšími parametry. Po vytvoření návrhu se musí nákres sestavy nějakým způsobem přenést na překližkovou desku (přímým nákresem, pomocí šablony nebo se vytvoří kopie). Následuje vyřezávání prohlubní pro umístění nožů (tzv. konvenční způsob zhotovení). Prohlubeň musí být vždy užší než šířka nože, aby byl v ní nůž pevně zakotvený. V dnešní době se k vyhlubování využívá laser, kdy je vypálený materiál odpařen. Překližkové desky jsou z důvodu rozměrové nestálosti, v závislosti na klimatických podmínkách, nahrazovány jinými materiály jako jsou plasty, lamináty, hliníkové a ocelové desky a další. Tyto desky je planžetovými nástroji možné osazovat vícekrát [25; 28]. Na závěr se kolem planžetových nástrojů přilepí pryžové vyhazovače [8], které jsou vysoké 6–7 mm a mírně je převyšují [25]. Jejich úkolem je vytlačení výseků z formy, proto musí být stlačitelné alespoň na polovinu jejich šířky [25; 26]. Místo pryže se používají také ocelové pružiny. Po zhotovení se planžetová forma upne do rámu a vloží se do stroje. Jestliže nějakým způsobem nevyhovuje, výseky jsou nedoseknuté apod., probíhá tzv. zadní příprava. Tato příprava spočívá v podlepení formy pásky různé tloušťky, které vyrovnají nerovnosti v tlaku. Modernější způsob zadní přípravy spočívá v použití fotopolymerní desky jako podkladu. Podle typu a tloušťky lepenky a použitých metod se vypočítává síla potřebná k vyseknutí. Vylupování výseků se provádí ručně nebo na speciálních nebo upravených vylupovacích strojích pomocí vylupovacích kolíků, které se razí do vyseknutého archu. Vylupovací zařízení může přímo

navazovat na výsek a výsledkem procesu jsou pak již hotové jednotlivé výseky umístěné v komínkách na paletě, proložené archy lepenky. [25]



Obrázek 16 Sestava přířezů na nástroji [25]

f – nakládací okraj, g, h – plochy odpadu mezi přířezy pro usnadnění vylupování odpadu

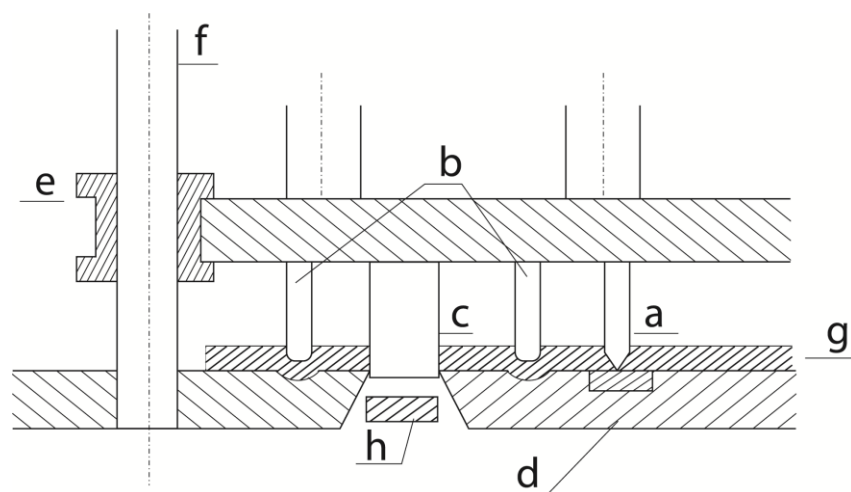


Obrázek 17 Vysekávací lis s vylupováním odpadu [25]

1 – stoh archů lepenky na paletě, 2 – non stop nakladač, 3 – odebrání a nakládání archů, 4 – nakládací stůl, 5 – přední a boční nakládací zařízení, 6 – chytačové tyče na dopravních řetězech, 7 – vedení archů do vysekávací části, 8 – vysekávací lis, 9 – kloubový tlakový princip, 10 – upínací rám na nástroje, 11 – zásuvné rámy pro vylupovací nástroje, 12 – zásuvné rámy na připevnění nástrojů na oddělování přířezů, 13 – vykladač oddělených přířezů, 14 – zařízení na automatickou dopravu stohu a na výměnu palety, 15 – nakladač prokládacích archů na vyztužení stohu, 16 – oddělování zbytků odpadu

Kromě plochých planžetových vysekávacích nástrojů, existují i rotační vysekávací nástroje. U zařízení pracujících na válcovém systému, je deska upnutá na válci a předloha i nože se musí podle toho upravit. Válcový způsob vysekávání není tak přesný jako plochý a proto se využívá hlavně u vlnitých a tlustších lepenek. [25] Pro kombinace s rýhováním se musí použít dva páry válců – jeden pro rýhování a druhý pro vysekávání. Síla zde potřebná je menší než u plochých systémů, tento způsob je ale dražší a využívá se tak pro vysoké náklady. [8] Moderní rotační výsekové stroje pracují na principu archových tiskových strojů a vysekávací forma je v podobě tiskové formy. Tyto stroje dosahují vysoké efektivity a i přesnosti, ale bohužel ještě nejsou tak rozšířené [29].

Blokové vysekávací nástroje: Pracují na principu stříhu, kdy výsledkem jsou samotné výseky a odpadní, okolní materiál je přímo odstraňován ve stroji. Používají se pro lepenky ve formě kotouče. Lepenka je vedena k základní desce, na které jsou umístěné průstřížníky, které vysekávají stříhem proti střížným hranám. Deska může obsahovat i další tvarovací nástroje pro rýhování, perforování apod. [25] Síla potřebná k vyseknutí je menší než u vysekávání na principu řezu [8]. Vysekávání založené na tomto principu je velmi přesné, vysekávací forma má vyšší životnost, rychlejší je i příprava stroje ale zařízení je dražší, proto se vyplatí jen u vysoko nákladové produkce. [25; 28]



Obrázek 18 Schéma blokového nástroje [25]

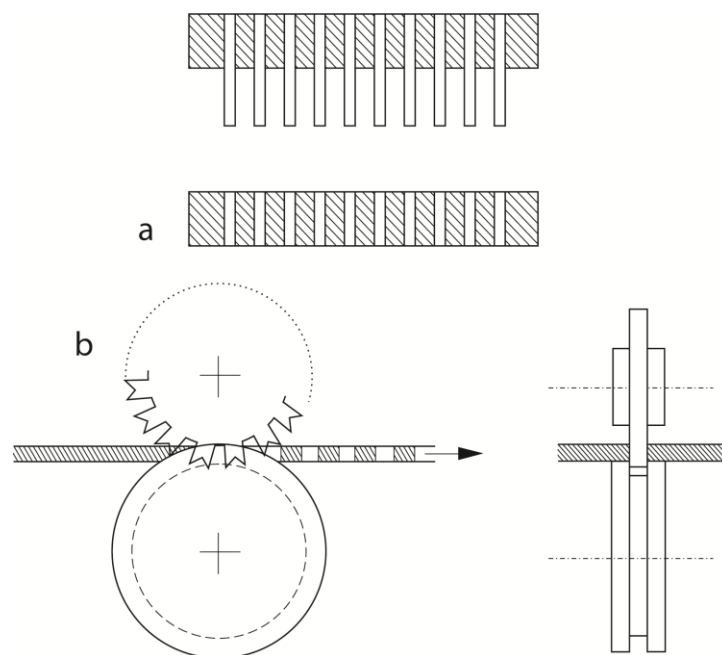
a – vysekávací nůž, b – rýhovací nástroj, c – průstřížník, d – průstřížnice s matricovou úpravou, e – vodící pouzdro, f – vodící sloupek horního nástroje, g – vysekávaná lepenka, h – odpad

1.1.3.6 Perforování

Perforování je způsob tvarování, kdy se vytváří v pravidelných intervalech malé průřezy v lepence [25]. Nejčastěji se tento způsob používá pro snazší odstranění perforované části od zbytku materiálu [28]. Pro ohýbání se perforování zpravidla používá tehdy, potřebuje-li se vytvořit linka ohybu, která se bude ohýbat opačným směrem než ostatní linky ohybu. Využívá se stejných principů jako pro vysekávání – řezu nebo stříhu. [25]

Perforování na principu stříhu:

- *Zdvihové perforování:* Je založené na patrici a matrici mezi nimiž prochází lepenka. Patricí je tzv. perforovací hřeben a jeho protikus tvoří tzv. průstřížnice což je řada otvorů, do které se jednotlivé hrany hřebene zaboří. Takto lze perforovat zároveň několik archů lepenky. [25; 28]
- *Rotační perforování:* Perforovací nože jsou umístěné na kruhovém nástroji a proti nim jsou umístěny střížné hrany spodního nástroje. [25; 28]

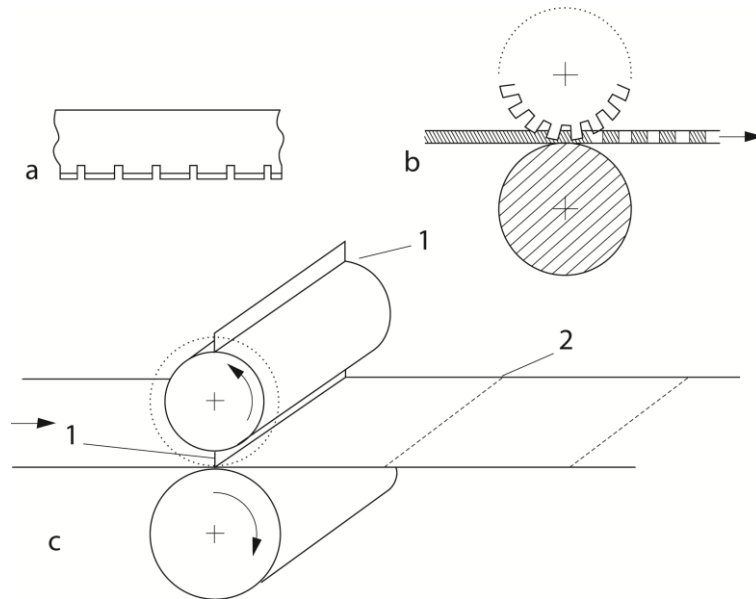


Obrázek 19 Perforování na principu stříhu [25]

a – zdvihové perforování, b – rotační perforování

Perforování na principu řezu:

- *Planžetový nástroj*: Používá se planžetový nůž, který se od vysekávacího liší v tom, že není celistvý, ale je přerušovaný [8]. Perforovací nůž je ve stejné výšce jako vysekávací nůž a perforování se provádí proti rovné desce. [25]
- *Rotační perforování*: Provádí se pomocí kruhového nože, který je přerušovaný, proti válci. [25]
- *Rotujícím nožem proti podložce*: Nůž je umístěn na povrchu válce a perforování probíhá proti tlaku dolního válce. [25]



Obrázek 20 Perforování na principu řezu [25]

a – perforovací planžetový nástroj, b – rotační způsob, c – perforování rotujícím nožem (1 – perforovací nůž, 2 – perforovaný materiál)

1.2 Vliv okolního prostředí na vlastnosti vícevrstvé skládačkové lepenky

Jak už bylo poznamenáno výše, papír je hygroskopický materiál a mění svou vlhkost v závislosti na okolním prostředí. Se změnou vlhkosti se mění vlastnosti papíru a jeho rozměry.

Pokud je papír v prostředí, kde při stejné teplotě je vlhkost vyšší než má on samotný, dochází k prodloužení jeho rozměrů. Papír přijímá vlhkost na okrajích a zvlhčuje se. Ke stejnému procesu dochází, když je papír chladnější než okolní vzduch a přijímá zkondenzovanou vlhkost. V opačném případě, tedy když je papír vlhčí než okolní prostředí při stejné teplotě, dochází k tomu, že papír se vlhkosti zbavuje a zkracují se jeho rozměry, dochází k vyboulení stohu. Toto se děje hlavně v zimních měsících, kdy se papír skladuje ve vytopených a nevětraných místnostech. Když je papír v kontaktu s vlhkostí jen na jedné straně, dochází k vlnění a papír se stáčí směrem k suché straně. V příčném směru se rozměry papíru mění mnohem více než ve směru podélném. Při změně relativní vlhkosti vzduchu o 10 % se zvětší rozměry papíru o 0,1–0,2 % v příčném směru. I při transportu je tedy důležité papír uchovávat zabalený ve folii, aby s okolním prostředím neinteragoval. [30] V závislosti na zvolené tiskové technice papír může dále přijímat vlhkost i v průběhu tisku, např. u offsetu.

Pro optimální vlastnosti papíru se doporučuje relativní vlhkost vzduchu mezi 45 až 65 % s teplotou 18–22 °C, kdy má papír absolutní vlhkost 5–7 %. Další problém, který vzniká vlivem především nižší vlhkosti a třením mezi archy papíru, je statická elektřina. Ta způsobuje problémy při nakládání archů, které se kvůli vzniklému náboji k sobě lepí. [31] Statická elektřina vzniká při relativní vlhkosti nižší než 35 %. S nižší vlhkostí papíru klesá také jeho vodivost. Vysušené papíry mají nízkou pevnost v ohybu a vlivem toho se papír v místě ohybu láme, protože vlákna jsou křehká. Každý druh papíru, ale reaguje na změnu vlhkosti jiným způsobem. [32]

Vzhledem k tomu, že vzdušnou vlhkost ovlivňuje teplota, je potřeba ji v místnosti hlídat. S vyšší teplotou roste i množství absorbované vlhkosti. Pokud je papír dovezen ze skladu a má jinou teplotu než je teplota místnosti, je nutné nejprve tento rozdíl vyrovnat a pak až papír rozbalit. Pokud je známá teplota a absolutní vlhkost, dokáže se odvodit relativní vlhkost vzduchu a naopak ze znalosti teploty a relativní vlhkosti se dá zjistit absolutní vlhkost vzduchu. Absolutní množství vlhkosti ve vzduchu pro danou teplotu se označuje jako stav nasycení. Relativní vlhkost papíru měřená uvnitř stohu mezi dvěma archy vypovídá o rovnováze mezi vlhkostí papíru a okolním prostředím. Optimem je, když je tato hodnota

vyrovnaná, protože tehdy nedochází ke změně vlhkosti papíru a tedy ani ke změnám jeho rozměrů. Nejčastějším způsobem regulace vlhkosti v místnosti je pomocí automatického vlhčicího rozprašovacího zařízení, které je nainstalováno na stropě místnosti a automaticky zapnuto, když vlhkost poklesne pod nastavenou mez. [30]

Míra do jaké papír přijímá vlhkost je ovlivněna složením a způsobem zpracování papíru. Pokud je použit vysoký stupeň mletí rostlinných vláken, zvětší se jejich povrch a tím více pak vlhkost absorbují. Vzhledem k tomu, že plnidla přidávaná do papíru jako je uhličitan vápenatý a kaolin s vlhkostí nereagují, tak čím větší podíl těchto plnidel papír má, tak tím méně vlhkosti přijímá. [30] K poklesu absorpce vlhkosti vede také bělení papíru a větší obsah celulózy v krystalické fázi. Obsah krystalické fáze se snižuje při mechanickém způsobu rozvláknování, kdy naopak roste obsah celulózy v amorfní podobě, která vlhkost přijímá ochotněji. Také hemicelulóza většinou obsahuje nekystalické části, které absorbují vlhkost. Při vysoké vzdušné relativní vlhkosti nad 85 % ovlivňuje velikost absorpce také velikost pórů. Pro zabránění přijímání vlhkosti se papír klíží. Klížení je proces, kdy se do struktury papíru přidávají hydrofobní koloidy, které se naváží na hydroxylové skupiny celulózy. Absorpce a desorpce vlhkosti nemá stejný průběh. Tento jev se označuje jako hystereze. [33] Čím více je papír potištěný, tím méně přijímá vlhkost, protože tisková barva tvoří bariéru. [32]

Po doručení papírových polotovarů, které slouží k dalšímu zpracování, se musí zkontrolovat kvalita zabalení a tedy ochrana papíru před měnícími se klimatickými podmínkami při převozu. Pokud je potřeba vytáhnout vzorek z balení, je nutné nejprve papír nechat klimatizovat a poté přebalit. Všechny rozpracované papírové zakázky je potřeba pečlivě zabalit, aby zbytečně nedocházelo k teplotním a vlhkostním výkyvům. [34]

Pro efektivní zpracování výseků do podoby krabiček je nutné znát vztah mezi strojem a materiálem. Jedině tak se zajistí vysoká produktivita výroby bez zbytečných prostojů. Problémem při skládání výseku může být síla zpětného pružení. Nicméně určitá úroveň této síly je potřebná k tomu, aby se krabička konečnému uživateli dobře otevírala. Při zvýšení vlhkosti se zvyšuje i tloušťka lepenky, protože vlákna absorbují vlhkost. Problémem je, že stejnou rychlostí se nezvětšuje i tloušťka v místě ohybu a tato nerovnováha pak vyvolává sílu, která se snaží lepenku v místě ohybu otevírat a zvyšuje se tedy právě síla zpětného pružení. Ve vlhčím prostředí jsou vlákna měkčí a pružnější a líp se ohýbají. Naopak v prostředí s nižší relativní vlhkostí jsou vlákna silnější, ochotněji si udržují svůj tvar a míra zpětného pružení je minimální. Ideální je tedy skládat výsek při vyšší relativní vlhkosti a výslednou krabičku

skladovat při nižší relativní vlhkosti, aby se vyrovnaly záhyby a krabička víc držela svůj tvar.
[4]

Vliv atmosférických podmínek místnosti, kde se papír zpracovává, je třeba brát v úvahu. Nejvhodnější je mít klimatizované sklady a vlhkosti si hlídat po celou dobu zpracování zakázky od dodávky až po samotnou výrobu a skladování hotových výrobků.

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část práce probíhala ve firmě Roll4You, s.r.o. po dobu přibližně šesti měsíců, od července do prosince roku 2017. Firma se zabývá výrobou cigaretových knížeček obsahujících papírky pro ruční balení cigaret. Obal knížeček je z vícevrstvé skládačkové lepenky. Lepenka je ve formě archů potiskována na archovém ofsetovém tiskovém stroji. Pro tisk se využívají procesní a u některých zakázek i přímé barvy. Potištěné archy jsou ve většině případů zušlechťovány lakováním, případně ražbou. Dokončující zpracování skládačkových lepenek probíhá na planžetových strojích, kde se provádí rýhování, perforace a výsek. Z archů jsou tak připravovány výseky, ze kterých se potom skládají knížečky, které tvoří obal cigaretových papírků. Výseky jsou umístovány na paletu a obaleny ochrannou fólií, aby nedocházelo k interakci s okolním prostředím.

Po doručení z tiskárny jsou palety s výseky ukládány do skladu firmy. Paleta s výseky je umístěna do výrobní haly k balicí lince 24 hodin před samotným zpracováním zakázky, aby se výseky vyrovnaly teplotou a vlhkostí podmínkám výroby. Cigaretové papírky jsou do firmy Roll4You, s.r.o. dodávány ve formě kotoučů, zvaných bobiny a je potřeba je před samotným balením do knížeček ještě dále zpracovat (pogumovat – tzn. nanést lepidlo), nařezat na požadované rozměry a poskládat. Konstrukce balicí linky je taková, že cigaretové papírky jsou v podobě poskládané harmoniky papírků vkládané do linky, kde postupně probíhá jejich balení do knížeček poskládaných v lince z výseků. U modernějších linek balicí část zařízení přímo navazuje na zpracování cigaretových papírků a výsledkem jsou hotové cigaretové knížečky, které se na závěr vkládají do lepenkových boxů. Balicí linky si vyrábí firma sama a detailnější funkční popis je proto firemním tajemstvím. Existují různé varianty provedení, velikostí a počtu cigaretových papírků v knížečkách, proto před každou zakázkou musí technici balicí linku seřadit podle požadavků dané zakázky.

Průběh zpracování je takový, že obsluha balicí linky odebere stoh výseků z palety a vloží je do nakládacího prostoru linky. Zařízení linky si pak jednotlivé výseky odebírá mechanicky. Balení probíhá na principu postupného překládání a slepování výseků do podoby knížeček, do kterých se v průběhu balení vkládají cigaretové papírky. Problémy se objevují při nakládání, kdy výseky vyskakují z forem a při dalším zpracování, kdy dochází k nesprávnému přeložení výseků, nahromadění výseků v lince a k nesprávnému tvaru výsledných knížeček. Tyto problémy by mohly být ovlivněny vlastnostmi vícevrstvé lepenky, proto je experimentální část práce zaměřena na jejich hodnocení.



Obrázek 21 Výseky umístěné na paletě

2.1 Experimentální materiál

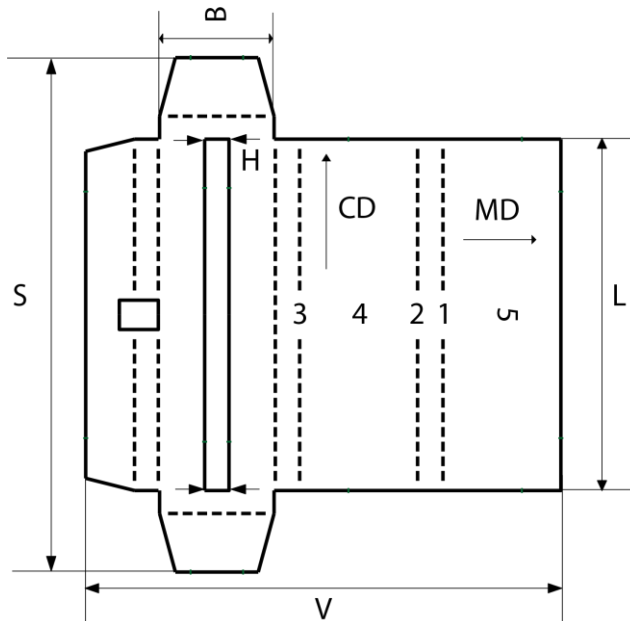
2.1.1 Vícevrstvá skládačková lepenka

Na základě předchozích testů, které ve firmě proběhly a byly zaměřeny na hodnocení rýhovatelnosti, pevnostních vlastností, vzhledu a hygienické nezávadnosti skládačkových lepenek, byla pro experimentální část práce vybrána skládačková lepenka s kódovým označením GC1. Jedná se o natíranou lepenku typu chromonáhrada se spodní vrstvou bílé barvy. Byly použity dva druhy této lepenky: lepenka s obchodním názvem Carta Integra od společnosti MetsäBoard s plošnou hmotností 170 g/m^2 a tloušťkou $210 \text{ }\mu\text{m}$ a lepenka s názvem Ningbo Fold od společnosti Zhonghua – Paper s plošnou hmotností 190 g/m^2 a tloušťkou $245 \text{ }\mu\text{m}$.

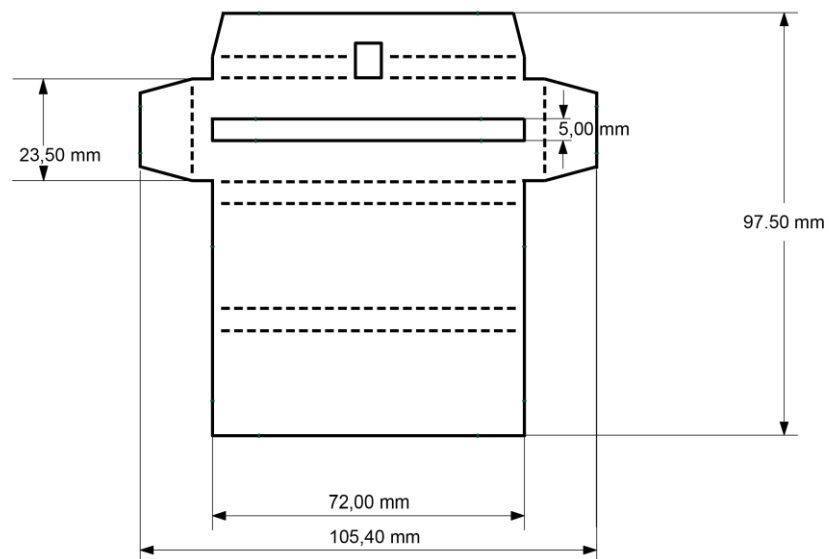
2.1.2 Popis výseku

Hodnocení odolnosti vůči ohybu se u výseků provádělo v pěti polohách znázorněných na Obrázku 22, kde se nachází i vyznačení směru vláken. Písmena B, H, L, V a S značí místa, ve kterých se měřily rozměry výseků. Obrázek 23 je okótovaný výsek předepsaných rozměrů.

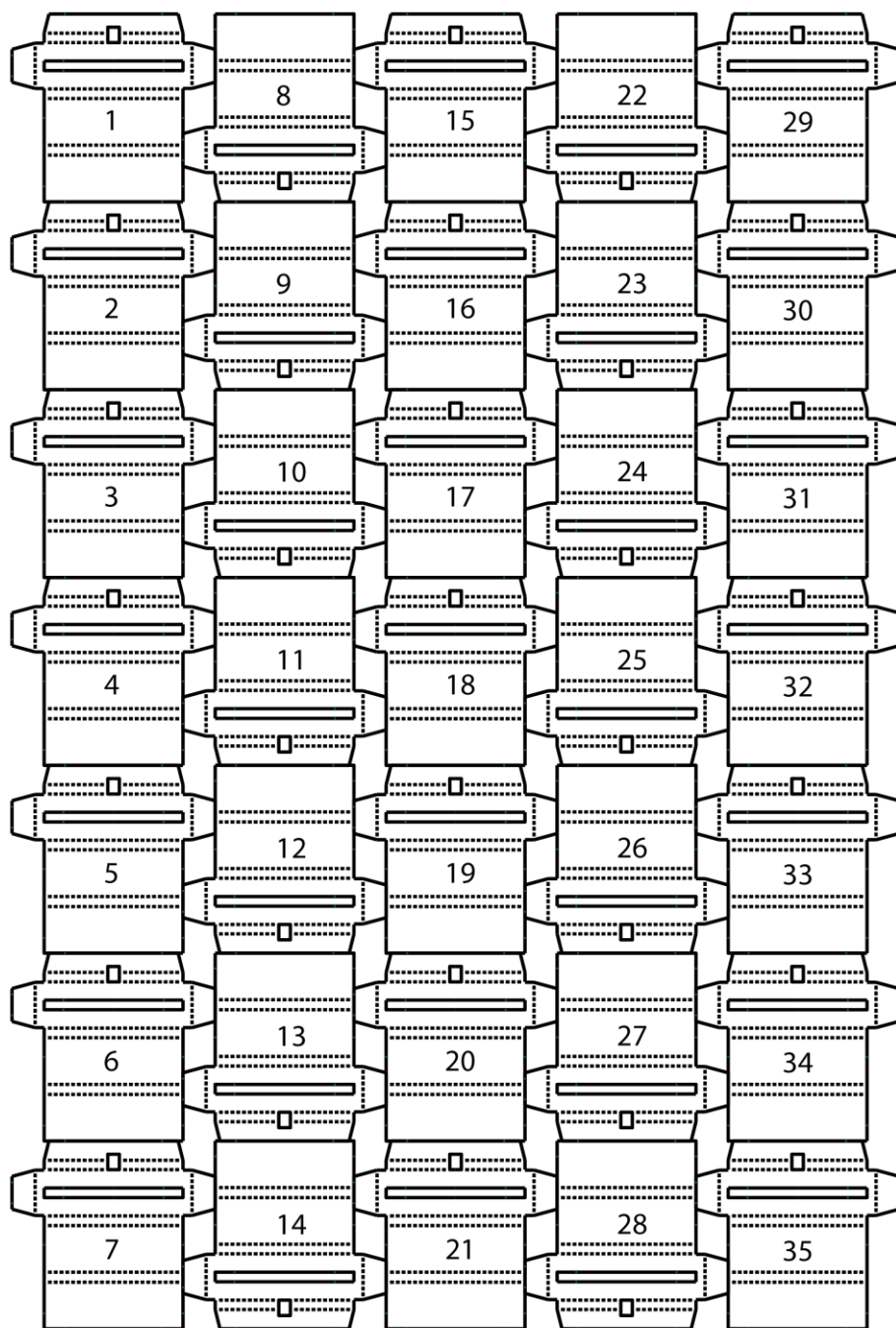
Schéma rozložení jednotlivých užitků na tiskovém archu včetně příslušného čísla pozice obsahuje Obrázek 24.



Obrázek 22 Označení měřených poloh a rozměrů výseku



Obrázek 23 Výsek s předepsanými rozměry



Obrázek 24 Rozložení užiteků na tiskovém archu

2.2 Experimentální přístroje

2.2.1 Vlhkoměr Rotronic GTS

Vlhkoměr pro měření relativní vlhkosti papírů. Měření probíhá tak, že měřicí čidlo vlhkoměru je vkládáno do stohu mezi jednotlivé vrstvy výseků. Kromě relativní vlhkosti lepenky je zároveň měřena i teplota. Zařízení je schopno měřit v rozsahu 0–100 % relativní vlhkosti a teplotu od –10 do 60 °C. Hodnoty jsou po ustálení odečítány z digitálního displeje. Měření bylo prováděno na třech místech stohu, pro následné hodnocení se použila průměrná hodnota z těchto tří měření.

2.2.2 Vlhkoměr Emco P2

Přístroj, který umožňuje okamžité zjištění absolutní vlhkosti papíru, nedestruktivní metodou. Princip měření je založen na změně elektrického pole materiálu při změně vlhkosti. Využívá se charakteristické polarizace molekuly vody a její vysoké dielektrické konstanty. Měření probíhá do hloubky 13 mm tak, že měřicí signál vychází z měrné plochy přístroje, která se položí na vrstvu výseků. Výsledek vypočítané hodnoty absolutní vlhkosti v % je zobrazován na displeji přístroje. Umožňuje měření v rozsahu 5–10 % absolutní vlhkosti lepenky. Problém je, že do velikosti měřicí plochy zasahuje i okénko výseku, tedy část vyseknuté plochy výseku, a to zkresluje výsledky měření. Z toho důvodu se absolutní vlhkost výseků zjišťovala ještě laboratorně. Pro hodnocení se použila průměrná hodnota ze třech měření.

2.2.3 Digitální teploměr-vlhkoměr Commeter D3120

Tímto zařízením se měřila relativní vlhkost a teplota vzduchu. Zařízení měří v rozsahu –10 až 60 °C a relativní vzdušnou vlhkost od 5 do 95 %. Hodnoty se odečítají z displeje a pro hodnocení se použila opět průměrná hodnota ze třech měření.

2.2.4 Zařízení pro měření odolnosti vůči ohybu od firmy Lorentzen & Wettre

Zařízení, na kterém se měří síla potřebná k ohnutí vzorku o rozměrech 37 × 80 mm pod úhlem 15° s testovací vzdáleností 10 mm. K přípravě vzorků se využívá pneumatická vysekávačka od stejného výrobce. Připravený vzorek se pak upne vodorovně do pneumatických čelistí, přičemž okraj vzorku na pravé straně čelistí může přesahovat maximálně 1 mm. Měřicí hlava nože se přiblíží ke vzorku tak, aby se ho dotýkala, a po té se opatrně oddaluje, než se na displeji objeví 0. Pak se zmáčknutím tlačítka provede měření a na displeji se odečte hodnota v mN, která udává sílu pro ohyb vzorku.

Vzhledem k tomu, že testování probíhalo na výsecích, princip měření se musel poupravit. Kvůli okénku na výseku, při vysekávání na vysekávače vzorků odpadla část lepenky. Odolnost vůči ohybu se tak měřila na vzorcích o velikosti 37 × 62 mm. Odolnost vůči ohybu se na výsecích zjišťovala v pěti různých polohách. Tyto polohy jsou znázorněny na Obrázku 22. Vzorek výseku je upevněn tak, aby levá strana čelistí byla uprostřed perforace nebo rýhy a přitom na pravé straně čelistí přesahoval maximálně o 1 mm. Při měření v polohách 1–4 je vzorek upnutý tak, že podélný směr výroby je kolmý na hranu čelistí. Pro měření odolnosti vůči ohybu v poloze 5 se vzorek otočí a upne se tak, že na hranu čelistí je kolmý příčný směr výroby.

2.2.5 Tloušťkoměr od firmy Lorentzen & Wettre

Tloušťkoměr s rozsahem měření 0–2 mm. Výsek se vložil mezi čelisti zařízení a po ustálení se z displeje odečetla hodnota tloušťky v μm . Měření tloušťky se provedlo vždy třikrát v neperforované části vzorku výseku a z této hodnoty se vypočítal průměr, který se dále hodnotil.

2.2.6 Měřicí pravítko Hirlinger

Pravítka s přesností na 1/10 mm ke zjištění přesných rozměrů výseku.

2.2.7 Průměrné pravítko

Toto pravítko s dílkem 1 mm sloužilo ke zjištění prohnutí výseku.

2.2.8 Sušárna Memmert

Sušárna s nastavenou teplotou $105\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, do které se vkládaly výseky na vysušení do konstantní hmotnosti, po dobu 4 hodin. Vysušený vzorek se pak nechal vychladnout v exikátoru a ke zvažení se přenesl v uzavíratelném sáčku.

2.2.9 Analytická váha KERN

Váha s přesností vážení 0,001 g. Ke zjištění hmotnosti výseků před ($m_{před}$) a po (m_{po}) vysušení. Absolutní vlhkost v procentech se pak vypočítá podle vzorce:

$$\text{absolutní vlhkost výseku v \%} = \left(\frac{m_{před} - m_{po}}{m_{před}} \right) \cdot 100 \quad [2]$$

2.3 Experimentální postup

Na začátku experimentu probíhalo testování na osmi balicích linkách. Vzhledem k časové náročnosti měření se vybraly dvě nejproblémovější linky s označením HSL 1 a HSL 2, od kterých se výseky odebíraly. Při odběru se zjistily podmínky ve výrobě – relativní vlhkost vzduchu a teplota v místnosti, ve které se balicí linka nacházela. Po té se zjistila teplota, relativní a absolutní vlhkost výseků. Vždy se odebraly dvě identické sady 15 vzorků výseků v náhodném rozmístění z jednoho tiskového archu. Jedna sada se použila pro laboratorní stanovení absolutní vlhkosti lepenky. Pro přesun do laboratoře se vzorky umísťovaly do uzavíratelných sáčků, aby nedošlo ke změně vlhkosti a teploty. Vzhledem ke kolísajícím hodnotám vlhkosti a teploty vzduchu v provozní hale se u linky HSL 1 odebíralo dvojnásobné množství vzorků. Jedna sada vzorků se nechala den v laboratoři aklimatizovat na teplotu 23 °C a relativní vlhkost vzduchu 50 %. Cílem bylo zjistit, jak se mění vlastnosti stejných výseků v závislosti na okolních podmínkách.

V laboratoři firmy se u výseků zjišťovala:

- absolutní vlhkost
- odolnost vůči ohybu v jednotlivých polohách
- tloušťka
- prohnutí
- rozměry – šířka celého výseku včetně přesahu (S), výška celého výseku (V), šířka výseku (L), výška přesahu (B), výška okýnka (H).

Označení měřených rozměrů výseku je znázorněno v Obrázku 22.

Základní tabulka, do které se uváděly zjištěné parametry, dále obsahovala:

- datum měření
- typ měření (1 pro testování výseků odebraných hned z výroby, 2 pro aklimatizované výseky)
- čísla vzorků výseků
- označení druhu výseku (jeho kódové označení)
- způsob zpracování (perforace/rýhování)
- typ výseku (rozměr)
- druh použité skládačkové lepenky (materiál)
- název balicí linky
- poznámky o chodu balicí linky a průchodnosti výseků linkou
- označení směny, která linku obsluhovala
- číslo pozice výseku z tiskového archu

Každý výsek obsahuje číslo pozice z původního uspořádání užiteků na tiskovém archu z toho důvodu, že se občas na výsecích objeví tiskové chyby a tyto špatné výseky se separují. Schéma tohoto rozložení je na Obrázku 24.

Z této tabulky, ve které jsou celkově uvedeny zjištěné parametry 1 800 výseků, byla vytvořena kontingenční tabulka a provedlo se její vyhodnocení.

V první části práce bylo provedeno hodnocení vlastností použitých lepenek. U materiálu Carta Integra bylo hodnoceno 1 560 naměřených hodnot tloušťky, relativní a absolutní vlhkosti a odolnosti vůči ohýbání. Pro lepenku Ningbo Fold bylo hodnoceno 240 hodnot každého parametru. Byla stanovena průměrná hodnota a směrodatná odchylka a hodnoty byly porovnány s hodnotami uvedenými v technickém listu.

Ve druhé části práce byl hodnocen vliv vlastností lepenky na průchodnost výseků balicí linkou. Nejdříve se oddělila data, která byla naměřena pro stejný materiál, balicí linku, typ měření a stejný způsob zpracování. Tato data se pak ještě rozdělila na ty, kde výseky dělaly v balicí lince problémy a na bezproblémové výseky. Kvůli tomuto rozdělení se nakonec mohly mezi sebou hodnotit pouze bezproblémové a problémové výseky s perforováním z lepenky Carta Integra a Ningbo fold.

Pro každý měřený parametr, ve druhé části práce, se vypočítala průměrná hodnota, směrodatná odchylka a minimální a maximální hodnota z daného souboru. Toto se provedlo jak pro soubor výseků, které byly na lince bez problému zpracovány, tak pro soubor výseků, který způsoboval v balicí lince problémy. Aby bylo možné objektivně porovnat, kdy se průměrné hodnoty a rozptyly hodnot obou souborů od sebe liší, využily se statistické funkce F.TEST a T.TEST. Funkce F.TEST slouží k testování rozptylů a vyjadřuje jak se od sebe liší směrodatná odchylka obou souborů. Funkce T.TEST slouží k testování průměrné hodnoty a její nastavení se upravuje podle výsledku z F.TESTU. Důležité pro toto testování je, aby data měla normální rozdělení a počet hodnot u obou srovnávaných souborů byl stejný. Pokud je výsledkem těchto testů hodnota nižší než 0,05 tak s 95% pravděpodobností pokládáme hodnoty obou souborů za statisticky odlišné. Výsledky z těchto testů jsou uvedeny v jednotlivých tabulkách, které jsou dále doplněny o kvartily, aby bylo zřetelněji vidět rozložení hodnot v souborech. První kvartil odděluje nejmenších 25 % dat od nejvyšších 75 %, druhý kvartil je medián a rozděluje seřazená data na polovinu, třetí kvartil odděluje nejmenších 75 % dat od nejvyšších 25 %. [35] Pro polohy 1 až 3 byla vypočítána zbytková odolnost lepenky v místě ohybu tak, že se zjištěná hodnota odolnosti vůči ohybu v dané

poloze dala do poměru s touto hodnotou zjištěnou v poloze 4 bez perforace. Pro další vyhodnocení se hodnoty v poloze 4 seřadily od nejnižších po nejvyšší. Tato data se pak rozdělila podle kvartilů do čtyř skupin a pro každou skupinu se vypočítala průměrná hodnota tuhosti z polohy 4 a polohy 3, průměrná zbytková odolnost v lince ohybu v poloze 3, průměrná tloušťka a průměrná relativní a absolutní vlhkost.

2.4 Naměřené hodnoty

2.4.1 Vlastnosti použitých skládačkových lepenek

2.4.1.1 Carta Integra

Tabulka 5 Průměr a směrodatná odchylka z naměřených vlastností lepenky Carta Integra

Carta Integra	Počet [výseky]	Tloušťka [μm]	RH lepenky [%]	Teplota lepenky [°C]	AH lepenky [%]	Odolnost vůči ohybu [mN]
Průměr	1 560	214	50	22	6	930
SD	–	3,56	3,24	0,81	0,44	54,66

Tabulka 6 Hodnoty uvedené v technickém listě lepenky Carta Integra

Carta Integra	Tloušťka [μm]	AH lepenky [%]	Tuhost v ohybu CD [mNm]	Tuhost v ohybu MD [mNm]
Hodnota	210	6	1,4	2,9
Tolerance	± 3 %	± 1 %	± 15 %	± 15 %

Zjištěné vlastnosti lepenky Carta Integra odpovídají hodnotám uvedeným v technickém listě. Tloušťka lepenky by se měla pohybovat od 203,7 do 216,3 μm. Mimo tento rozsah se nacházelo 19,7 % hodnot, které byly vyšší než 216,3 μm. Větší zjištěná hodnota tloušťky je pravděpodobně způsobena potiskem a zušlechťováním (lakováním) povrchu lepenky. Hodnota průměrné relativní vlhkosti lepenky odpovídá optimální hodnotě uváděné v literatuře. Nejnižší zjištěná relativní vlhkost lepenky byla 40,4 % a nejvyšší 59,8 %. Průměrná absolutní vlhkost lepenky odpovídá hodnotě uvedené v technickém listě. Nejnižší zjištěná hodnota absolutní vlhkosti lepenky byla 4,6 % a nejvyšší 8 %. Průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu lepenky je 930 mN. V technickém listě byla uvedena hodnota tuhosti v ohybu, což je vlastnost měřená obdobným způsobem jako odolnost vůči ohybu. U této vlastnosti je povolena tolerance hodnot $\pm 15\%$. U naměřených hodnot odolnosti vůči ohybu bylo pouze 1,2 % hodnot mimo toleranci $\pm 15\%$ od průměrné hodnoty (790,5–1 069,5 mN).

V následujících Tabulkách 7 až 13 je uveden přehled zjištěných průměrných hodnot z 15 výseků odebraných v jeden den u dané balicí linky.

Tabulka 7 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Carta Integra, HSL 1

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
24.7.2017	210	5,8	50,5	22,0	904
31.7.2017	213	6,5	53,1	24,2	883
3.8.2017	221	–	56,1	22,3	932
4.8.2017	214	6,0	59,8	21,8	929
7.8.2017	213	5,8	52,2	22,0	920
8.8.2017	210	5,8	49,8	22,0	907
9.8.2017	212	5,5	53,2	21,3	855
10.8.2017	216	5,9	52,5	21,8	980
11.8.2017	215	5,9	50,6	21,9	970
14.8.2017	216	5,9	53,1	22,1	926
15.8.2017	216	6,0	51,2	21,9	975
16.8.2017	215	5,2	51,4	22,2	987
17.8.2017	212	6,0	52,4	22,9	944
18.8.2017	213	5,9	51,9	22,9	950
21.8.2017	220	5,5	50,0	22,2	1 022
22.8.2017	219	6,1	48,4	21,9	1 022
23.8.2017	220	5,1	47,6	21,5	1 024
31.8.2017	213	6,1	50,5	21,8	909
1.9.2017	213	6,1	50,6	22,3	911
4.9.2017	212	5,8	49,7	21,1	878
5.9.2017	213	6,0	51,2	21,2	883
6.9.2017	212	6,0	50,9	21,4	898
7.9.2017	211	6,1	50,0	21,8	871
11.9.2017	220	5,7	47,0	21,4	1 020
14.9.2017	214	–	47,6	21,8	981
3.11.2017	210	–	–	–	930
Průměr	214	5,9	51,3	22,0	939

Tabulka 8 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Carta Integra, HSL 2

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
24.7.2017	213	–	49,9	20,7	913
25.7.2017	214	5,6	51,5	20,7	889
3.8.2017	218	5,5	49,9	22,3	917
4.8.2017	220	5,7	51,9	21,8	901
7.8.2017	212	5,6	48,2	22,5	914
8.8.2017	212	5,7	47,4	22,5	862
9.8.2017	213	4,8	50,7	22,7	893
10.8.2017	213	5,7	53,6	22,8	902
11.8.2017	212	5,6	51,3	22,8	888
14.8.2017	210	6,0	50,5	22,7	893
15.8.2017	211	5,9	50,1	21,9	884
16.8.2017	213	6,0	51,1	22,7	914
17.8.2017	211	6,1	53,2	23,0	890
18.8.2017	211	6,0	53,4	23,2	914
21.8.2017	213	6,0	49,8	22,0	901
22.8.2017	214	5,9	53,3	21,9	925
23.8.2017	212	5,8	49,1	21,1	877
24.8.2017	214	5,9	51,0	21,2	940
28.8.2017	215	6,2	51,8	21,4	884
4.9.2017	212	6,1	51,2	21,6	859
5.9.2017	213	6,1	50,2	21,3	903
6.9.2017	214	6,0	48,9	21,9	891
7.9.2017	212	6,1	52,5	22,2	894
13.9.2017	213	5,5	49,2	22,1	927
14.9.2017	210	–	51,5	21,8	939
24.11.2017	210	5,8	50,3	21,0	870
1.12.2017	218	5,2	44,3	20,7	967
Průměr	213	5,8	50,6	21,9	902

Tabulka 9 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Carta Integra, HSL 5

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
24.7.2017	217	–	–	–	958
26.7.2017	215	4,9	43,1	23,0	1 005
27.7.2017	214	5,3	44,1	22,5	993
Průměr	215	5,1	43,6	22,8	986

Tabulka 10 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Carta Integra, KRU 1

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
23.8.2017	214	6,1	47,5	22,3	923
24.8.2017	210	6,0	46,2	22,0	895
29.8.2017	208	5,1	43,4	22,9	955
1.9.2017	209	5,4	46,6	23,2	951
4.9.2017	210	5,4	49,0	21,4	914
5.9.2017	215	5,7	45,5	21,3	946
6.9.2017	218	5,8	45,8	21,2	963
10.11.2017	215	5,7	49,4	21,3	925
Průměr	213	5,6	46,7	22,0	934

Tabulka 11 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Carta Integra, KRU 3

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
27.7.2017	213	5,8	52,2	22,1	915
Průměr	213	5,8	52,2	22,1	915

Tabulka 12 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Carta Integra, KRU 4

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
24.7.2017	212	–	49,7	21,6	890
25.7.2017	212	–	50,0	21,6	901
26.7.2017	213	6,6	53,6	22,5	905
27.7.2017	212	5,8	53,0	21,8	961
31.7.2017	212	6,0	51,1	22,5	939
2.8.2017	215	5,8	50,7	22,8	959
Průměr	213	6,1	51,4	22,1	926

Tabulka 13 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Carta Integra, KRU 5

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
7.9.2017	214	–	53,3	23,4	924
12.9.2017	216	5,8	53,1	22,0	922
Průměr	215	5,8	53,2	22,7	923

2.4.1.2 Ningbo Fold

Tabulka 14 Průměr a směrodatná odchylka z naměřených vlastností lepenky Ningbo Fold

Carta Integra	Počet [výseky]	Tloušťka [μm]	RH lepenky [%]	Teplota lepenky [°C]	AH lepenky [%]	Odolnost vůči ohybu [mN]
Průměr	240	244	49	22	5	1 343
SD	–	3,56	2,19	0,71	0,17	56,27

Tabulka 15 Hodnoty uvedené v technickém listě lepenky Ningbo Fold

Carta Integra	Tloušťka [μm]	AH lepenky [%]	Tuhost v ohybu CD [mNm]	Tuhost v ohybu MD [mNm]
Hodnota	245	6,5	1,7	3,3
Tolerance	± 10 μm	± 1 %	± 10 %	± 10 %

Průměrná zjištěná tloušťka této lepenky je 244 μm. Technický list uvádí toleranci tloušťky od 235 do 255 μm. Všechny zjištěné tloušťky se v tomto rozpětí nacházely. Průměrná relativní vlhkost lepenky byla 49 %. Nejnižší zjištěná hodnota relativní vlhkosti lepenky byla 44,2 % a nejvyšší 53,3 %. Absolutní vlhkost lepenky byla v průměru 5 % a technický list doporučuje hodnotu 6,5 %. Lepenka Ningbo Fold měla nižší hodnotu absolutní vlhkosti, než doporučuje technický list. Absolutní vlhkost lepenky se pohybovala od 4,7 % do 5,6 %. Zjištěná průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu je 1 343 mN. Mimo rozpětí ± 10 % od průměrné hodnoty (1 208,7–1 477,3 mN) se nacházelo pouze 2,08 % hodnot.

Lepenka Ningbo Fold má v porovnání s lepenkou Carta Integra vyšší tloušťku, s čímž mohou souviset i vyšší hodnoty odolnosti vůči ohybu

V Tabulkách 16 a 17 je přehled průměrných hodnot zjištěných u 15 výseků odebraných v jeden den u dané balicí linky.

Tabulka 16 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Ningbo Fold, HSL 1

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
24.8.2017	241	5,2	48,5	21,7	1 318
28.8.2017	244	5,3	49,3	21,5	1 343
29.8.2017	245	5,2	48,2	22,5	1 379
30.8.2017	243	5,3	48,8	22,1	1 308
3.11.2017	246	–	–	–	1 422
10.11.2017	242	5,1	49,2	21,1	1 364
1.12.2017	244	5,3	53,3	20,2	1 273
Průměr	243	5,2	49,5	21,5	1 344

Tabulka 17 Průměrné hodnoty z jednotlivých sad výšek z lepenky Ningbo Fold, HSL 2

Datum	Φ Tloušťka [μm]	Φ AH Lab. [%]	Φ RH lepenka [%]	Φ Teplota lepenka [°C]	Φ P4 [mN]
29.8.2017	243	5,3	44,2	22,7	1 361
30.8.2017	244	5,2	49,3	21,8	1 348
31.8.2017	247	5,2	–	–	1 381
1.9.2017	243	5,4	–	–	1 335
Průměr	244	5,3	46,8	22,3	1 356

2.4.2 Vliv vlastností skládačkové lepenky na průchod výseků balicí linkou

2.4.2.1 Carta Integra

Vyhodnocení perforovaných výseků odebraných od balicí linky HSL 1

Hodnotilo se 105 výseků v souboru bezproblémových výseků a stejný počet v souboru problémových výseků.

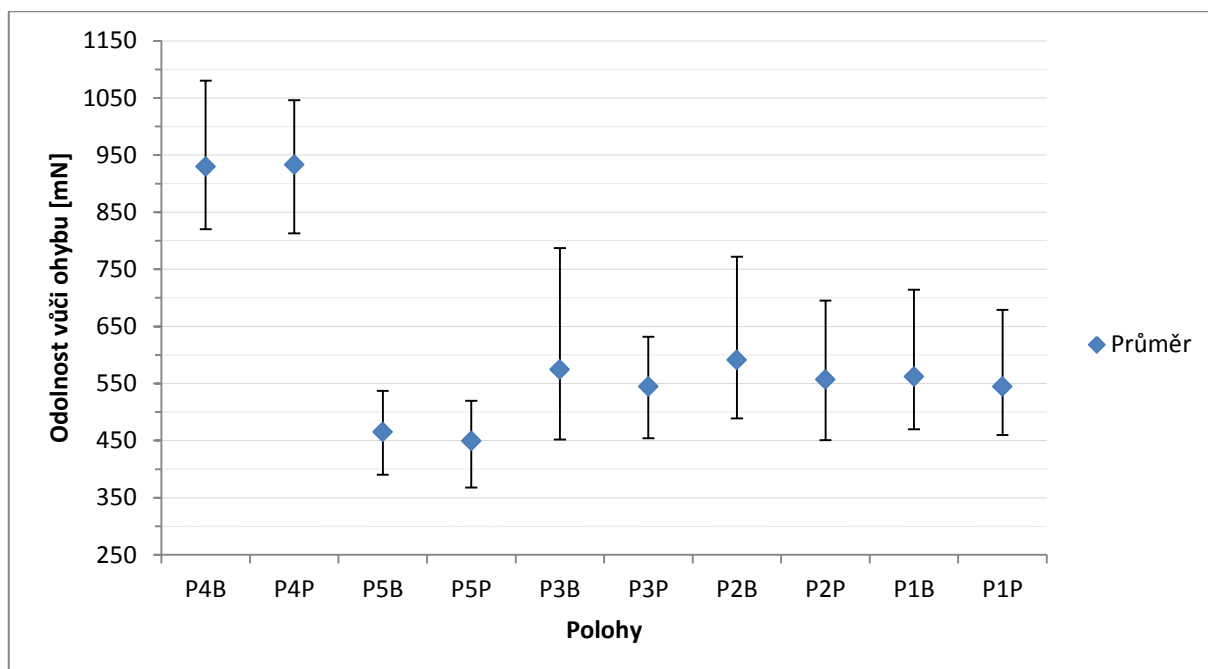
Tabulka 18 Vyhodnocení odolnosti vůči ohybu na výsecích odebraných od balicí linky HSL 1

Carta Integra	P4 [mN]		P5 [mN]		P3 [mN]		P2 [mN]		P1 [mN]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	930	933	465	450	575	545	591	557	562	544
SD	52,01	52,16	32,43	32,16	60,21	45,81	54,42	57,22	47,41	50,34
Min	820	813	390	368	452	454	489	451	470	460
Max	1 080	1 046	537	520	787	632	772	695	714	679
F.test	0,9771		0,9304		0,0057		0,6091		0,5417	
T.test	0,6262		0,0006		0,0001		0,0000		0,0100	
1. kvartil	893	892	441	431	532	515	549	509	529	510
2. kvartil	922	932	465	451	570	534	583	555	558	542
3. kvartil	956	969	491	471	612	588	616	586	588	576

Poloha 4 charakterizuje odolnost vůči ohybu materiálu jako takového, protože je to část vzorku výseku, na které není perforování. Statisticky zde není rozdíl v průměrné hodnotě ani v rozptylu hodnot mezi souborem výseků, který byl na lince bez problémů zpracovatelný a souborem výseků, který na lince dělal problémy. V opačném směru k poloze 4 je poloha 5. V poloze 5 je podobný rozptyl obou souborů, ale statisticky odlišná je průměrná hodnota. Průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu u bezproblémových výseků je 465 mN, zatímco u těch problémových 450 mN. Polohy 1 až 3 jsou polohy, kde je perforace. U všech těchto poloh je rozdíl v průměrné hodnotě obou souborů výseků a navíc u polohy 3 je rozdíl i v rozptylu hodnot. Paradoxně soubor s větším rozptylem hodnot byl na lince bez problémů zpracovatelný. Průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu byla v perforovaných polohách a v poloze 5 vyšší u bezproblémových výseků.

V následujícím Grafu 1 je zobrazeno rozpětí a průměrná hodnota zjištěných hodnot odolnosti vůči ohybu u jednotlivých poloh. V poloze 4; 3; 2 a 1 u bezproblémových výseků je dokonce vyšší rozpětí hodnot než u problémových výseků. Ukazuje se, že rozpětí odolnosti vůči ohybu

v poloze 3 u problémových výseků se prolíná s rozpětím bezproblémových výseků. Průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu se v polohách 1–3 snížila díky perforaci přibližně na 60 %.



Graf 1 Rozpětí hodnot odolnosti vůči ohybu u jednotlivých poloh, Carta Integra, HSL 1

Zjištěná nejvyšší hodnota odolnosti vůči ohybu se od nejnižší zjištěné hodnoty u bezproblémových výseků v poloze 4 liší o 24 % a u problémových výseků o 22 %. Jak ukazuje Tabulka 19, tak výseky s vyšší hodnotou odolnosti vůči ohybu mají větší tloušťku lepenky.

Tabulka 19 Nejnižší a nejvyšší hodnota odolnosti vůči ohybu, Carta Integra, balicí linka HSL 1

Datum	Číslo výseku	Pozice na archu	RH vzduch [%]	RH lepenka [%]	AH lab. [%]	Tloušťka [μm]	P4 [mN]
Bezproblémové výseky							
31.7.2017	VYS000147_04	24	45,2	53,1	6,1	212	820
22.8.2017	VYS000147_04	20	43,1	48,4	6,8	222	1080
Problémové výseky							
4.9.2017	VYS000006_01	25	42,4	49,7	6,2	209	813
16.8.2017	VYS000147_04	28	48,6	51,4	5,0	218	1046

V Tabulce 20 je vyhodnocení zbytkové odolnosti v lince ohybu v jednotlivých polohách a zjištěná tloušťka výseků. Průměrná hodnota zbytkové odolnosti vůči ohybu je ve všech polohách vyšší u bezproblémových výseků. Rozpětí bezproblémového a problémového souboru výseků se v poloze 3 prolíná. Hodnotila se také tloušťka, která je v průměru stejná, ale rozptyl hodnot u bezproblémových výseků je vyšší. V technickém listu je pro Cartu Integru uvedená tloušťka 210 μm s tolerancí $\pm 3\%$. Tloušťka by se tedy měla pohybovat od 203,7 do 216,3 μm . Naměřený rozsah tlouštěk je ale vyšší, což je pravděpodobně způsobené potiskem a zušlechťováním lepenky.

Tabulka 20 Zbytková odolnost v lince ohybu a tloušťka výseků od balicí linky HSL 1

Carta Integra	P3 [%]		P2 [%]		P1 [%]		Tloušťka [μm]	
	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	61,9	58,4	63,7	59,7	60,6	58,5	215	215
SD	6,61	3,90	6,04	4,94	5,31	4,42	4,42	2,01
Min	49,7	50,9	54,1	51,5	50,9	49,2	207	209
Max	90,6	70,7	85,7	72,6	78,3	71,7	224	219
F.test	0,0000		0,0405		0,0644		0,0000	
T.test	0,0000		0,0000		0,0022		0,6605	
1. kvartil	57,6	56,1	59,1	56,2	56,5	55,4	211	213
2. kvartil	60,9	57,8	62,8	58,9	59,7	58,9	214	215
3. kvartil	65,0	60,4	66,4	63,1	63,6	60,4	218	216

Tabulka 21 obsahuje přehled dalších měřených parametrů. V relativní vlhkosti lepenky je rozdíl jak v rozptylu hodnot, tak v průměrné hodnotě. Obdobná situace je i u absolutní vlhkosti lepenky zjištěné v laboratoři a přístrojem ve výrobě. U bezproblémových výseků je průměrná relativní a absolutní vlhkost lepenky větší než u problémových výseků. Naopak průměrná relativní vlhkost vzduchu ve výrobě byla při zpracování bezproblémových výseků nižší než u problémových. I když je statisticky významný rozdíl i mezi teplotami ve výrobní hale a teplotami samotné lepenky, tak z praktického hlediska jsou si hodnoty podobné. Je zde patrný poměrně velký rozdíl mezi absolutní vlhkostí výseků zjištěnou v laboratoři a její hodnotou zjištěnou ve výrobě. To dokazuje, že mechanismus měření absolutní vlhkosti přímo ve stohu výseků byl nepřesný a nelze jej tedy dále k hodnocení použít. Přesnější výsledky absolutní vlhkosti výseků byly získány v laboratoři za použití sušárny a vah.

Tabulka 21 Vyhodnocení ostatních měřených parametrů u výseků od balicí linky HSL 1

Carta Integra	RH lepenka [%]		Teplota lepenka [°C]		RH vzduch [%]		Teplota vzduch [°C]		AH lab. [%]		AH stoh [%]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	51,6	50,6	22,3	21,9	43,4	45,7	22,6	22,3	6,2	5,6	7,0	6,7
SD	2,32	0,64	0,77	0,50	1,93	4,00	1,14	0,50	0,32	0,79	0,94	0,15
Min	48,4	49,7	21,9	21,1	40,6	38,9	21,8	21,5	5,3	3,4	5,1	6,5
Max	56,1	51,4	24,2	22,3	46,9	49,4	25,3	22,7	7,4	6,3	7,9	6,9
F.test	0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
T.test	0,0000		0,0000		0,0000		0,0207		0,0000		0,0105	
1. kvartil	49,8	49,7	49,8	49,7	21,9	21,1	21,8	21,5	6,0	5,2	6,1	6,6
2. kvartil	51,2	50,6	51,2	50,6	22,0	22,2	22,3	22,4	6,1	6,0	7,3	6,8
3. kvartil	53,1	51,4	53,1	51,4	22,3	22,3	22,3	22,7	6,5	6,1	7,7	6,9

Zjištěné extrémní hodnoty jsou uvedeny v následujících Tabulkách 22 až 24 včetně dalších souvisejících parametrů.

Tabulka 22 Sada výseků s nejnižší a nejvyšší relativní vlhkostí lepenky, Carta Integra, HSL 1

Bezproblémové výseky							
Datum	Číslo výseku	RH lepenka [%]	Teplota lepenka [°C]	AH lab. [%]	RH vzduch [%]	Tloušťka [μm]	Φ P4 [mN]
22.8.2017	VYS000147_04	48,4	21,9	6,4	43,1	220	1 014
3.8.2017	VYS000147_04	56,1	22,3	6,5	46,9	221	934

Tabulka 23 Sada výseků s nejnižší a nejvyšší relativní vlhkostí vzduchu, Carta Integra, HSL 1

Problémové výseky							
Datum	Číslo výseku	RH vzduch [%]	Teplota vzduch [°C]	AH lab. [%]	RH lepenka [%]	Tloušťka [μm]	Φ P4 [mN]
11.8.2017	VYS000147_04	38,9	22,7	5,9	50,6	217	972
1.9.2017	VYS000006_01	49,4	22,7	6,1	50,6	214	921

Tabulka 24 Výseky s nejnižší a nejvyšší absolutní vlhkostí lepenky, Carta Integra, HSL 1

Bezproblémové výseky								
Datum	Číslo výseku	Číslo pozice	AH lab. [%]	Teplota lepenka [°C]	RH lepenka [%]	RH vzduch [%]	Tloušťka [μm]	Φ P4 [mN]
22.8.2017	VYS000147_04	6	5,3	21,9	48,4	43,1	222	1 071
22.8.2017	VYS000147_04	34	7,4	21,9	48,4	43,1	218	979
Problémové výseky								
Datum	Číslo výseku	Číslo pozice	AH lab. [%]	Teplota lepenka [°C]	RH lepenka [%]	RH vzduch [%]	Tloušťka [μm]	Φ P4 [mN]
16.8.2017	VYS000147_04	27	3,4	22,2	51,4	48,6	216	892
1.9.2017	VYS000006_01	11	6,3	22,3	50,6	49,4	216	925

Naměřené hodnoty prohnutí a rozměrů výseků jsou uvedeny v Tabulce 25. Tolerance balicí linky pro rozměry výseků je $\pm 0,3$ mm. Zjištěné rozměry výseků jsou v tomto rozmezí a tyto rozdíly jsou tedy pro chod balicí linky nevýznamné. Pro balicí linku je nejdůležitější stabilita rozměrů v místech označených V a B.

Tabulka 25 Tabulka se zjištěnými rozměry výseků, Carta Integra, HSL 1

Carta Integra	Prohnutí [mm]		S [mm]		V [mm]		L [mm]		B [mm]		H [mm]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	1,1	1,0	105,3	105,4	97,4	97,4	71,8	71,9	23,5	23,5	5,0	5,0
SD	0,60	0,19	0,12	0,09	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,00	0,05
Min	0,0	0,7	105,1	105,3	97,3	97,3	71,7	71,8	23,4	23,4	5,0	4,9
Max	1,7	1,2	105,4	105,5	97,5	97,5	71,9	72,0	23,5	23,5	5,0	5,0
1. kvartil	0,5	0,7	105,1	105,3	97,3	97,4	71,7	71,9	23,4	23,4	5,0	4,9
2. kvartil	1,5	1,0	105,3	105,3	97,4	97,4	71,8	71,9	23,5	23,5	5,0	5,0
3. kvartil	1,6	1,2	105,4	105,5	97,4	97,5	71,8	72,0	23,5	23,5	5,0	5,0

Aby bylo možné porovnat skupiny výseků s podobnými hodnotami odolnosti vůči ohybu z bezproblémového a problémového souboru, byla vytvořena Tabulka 26 a 27 s průměrnými hodnotami v kvartilových skupinách. Zajímavé je porovnání rozložení hodnot odolnosti vůči ohybu u jednotlivých skupin obou souborů, kdy jsou si průměrné hodnoty až na 3. kvartilovou skupinu velice podobné. Jednotlivé skupiny bezproblémových výseků mají vyšší průměrnou hodnotu relativní a absolutní vlhkosti lepenky v porovnání se skupinami problémových výseků. Bezproblémové výseky byly zpracovávány v prostředí s nižší relativní vlhkostí vzduchu. Podle hodnot ve 4. kvartilové skupině výseky s vysokou průměrnou hodnotou odolnosti vůči ohybu v kombinaci s nízkou absolutní vlhkostí dělaly problémy.

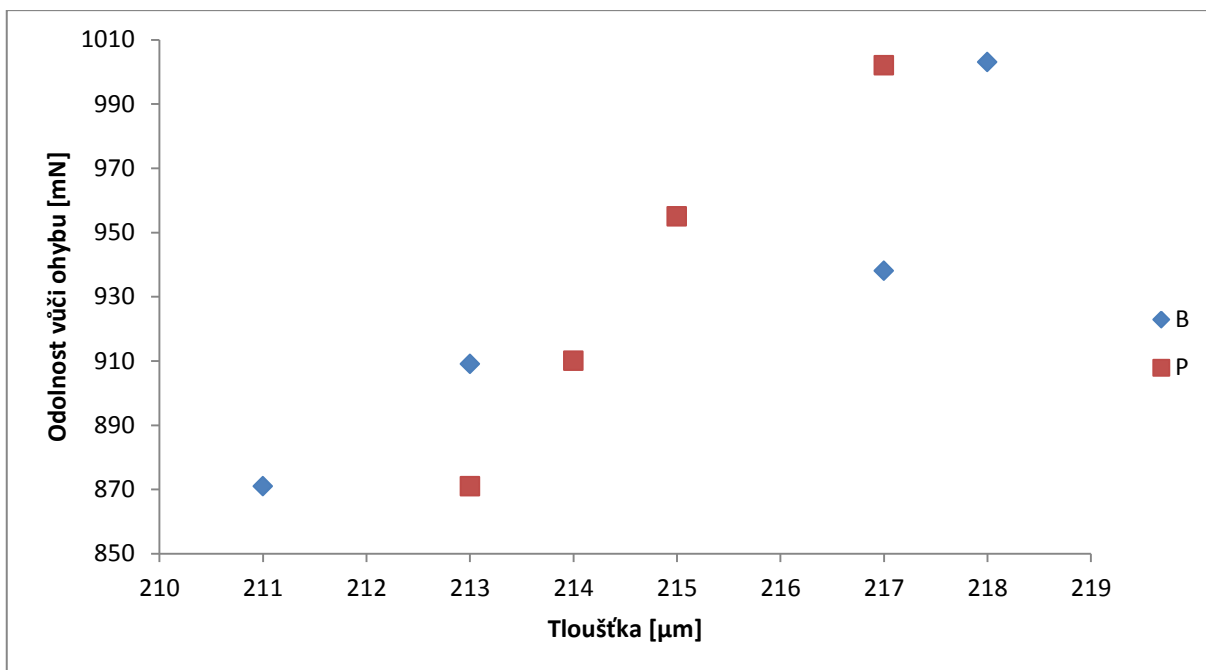
Bezproblémové výseky mají vyšší průměrnou hodnotu zbytkové odolnosti v lince ohybu v jednotlivých skupinách. Grafické znázornění vybraných parametrů z kvartilových skupin se nachází v Grafech 2–5. Je patrné, že se zvyšující se tuhostí se úměrně zvyšuje i tloušťka výseků, jak je znázorněno v Grafu 2. U problémových výseků v Grafu 3 je vidět mírná závislost tuhosti výseků na relativní vlhkosti lepenky, u bezproblémových výseků tomu ale tak není. Graf 4 ukazuje, že průměrná absolutní vlhkost lepenky v jednotlivých kvartilech je u bezproblémových výseků vyšší. Závislost relativní vlhkosti lepenky na relativní vzdušné vlhkosti ve výrobě je znázorněna v Grafu 5. Se zvyšující se vzdušnou vlhkostí se úměrně nezvyšovala relativní vlhkost lepenky. To by mohlo poukazovat na nedostatečnou aklimatizaci výseků na okolní podmínky výroby, kdy se relativní vlhkost lepenky nestačila s relativní vzdušnou vlhkostí vyrovnat.

Tabulka 26 Průměry kvartilových skupin bezproblémových výseků, Carta Integra, balicí linka HSL 1

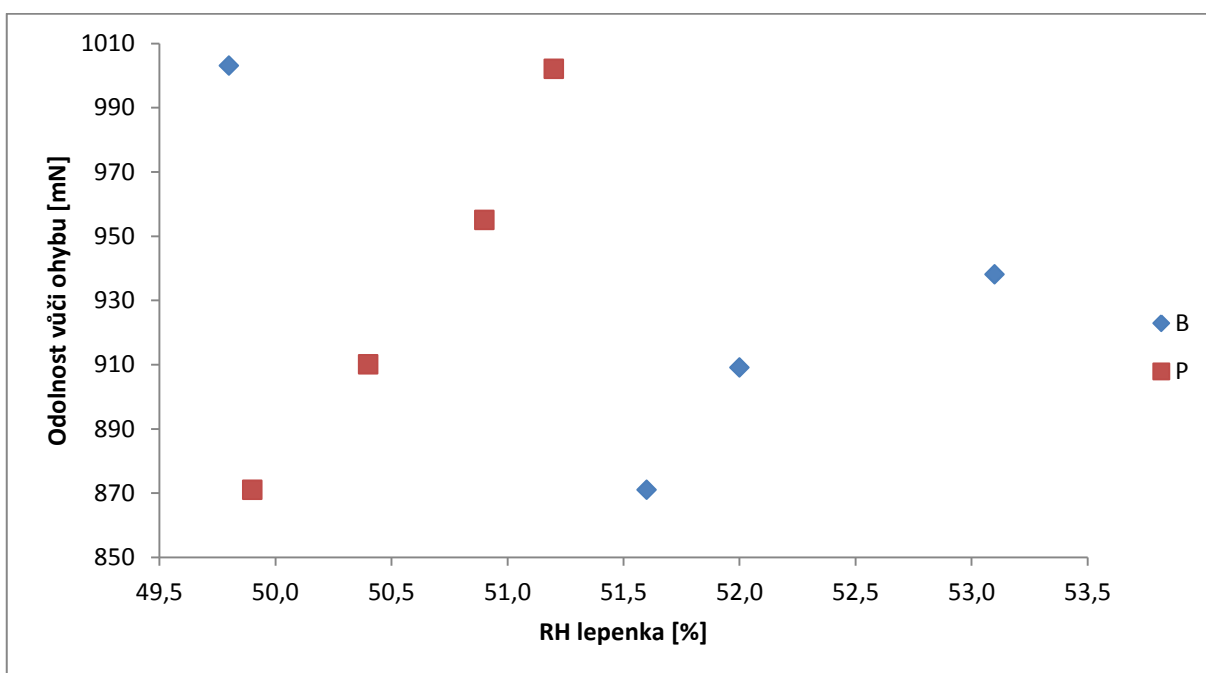
Kvartil	Průměrná hodnota						
	P4 [mN]	P3 [mN]	P3 [%]	Tloušťka [μm]	RH lepenka [%]	RH vzduch [%]	AH lab. [%]
1	871	555	63,7	211	51,6	43,0	6,1
2	909	577	63,5	213	52,0	43,4	6,1
3	938	569	60,7	217	53,1	44,1	6,3
4	1 003	598	59,7	218	49,8	43,2	6,3

Tabulka 27 Průměry kvartilových skupin problémových výseků, Carta Integra, balicí linka HSL 1

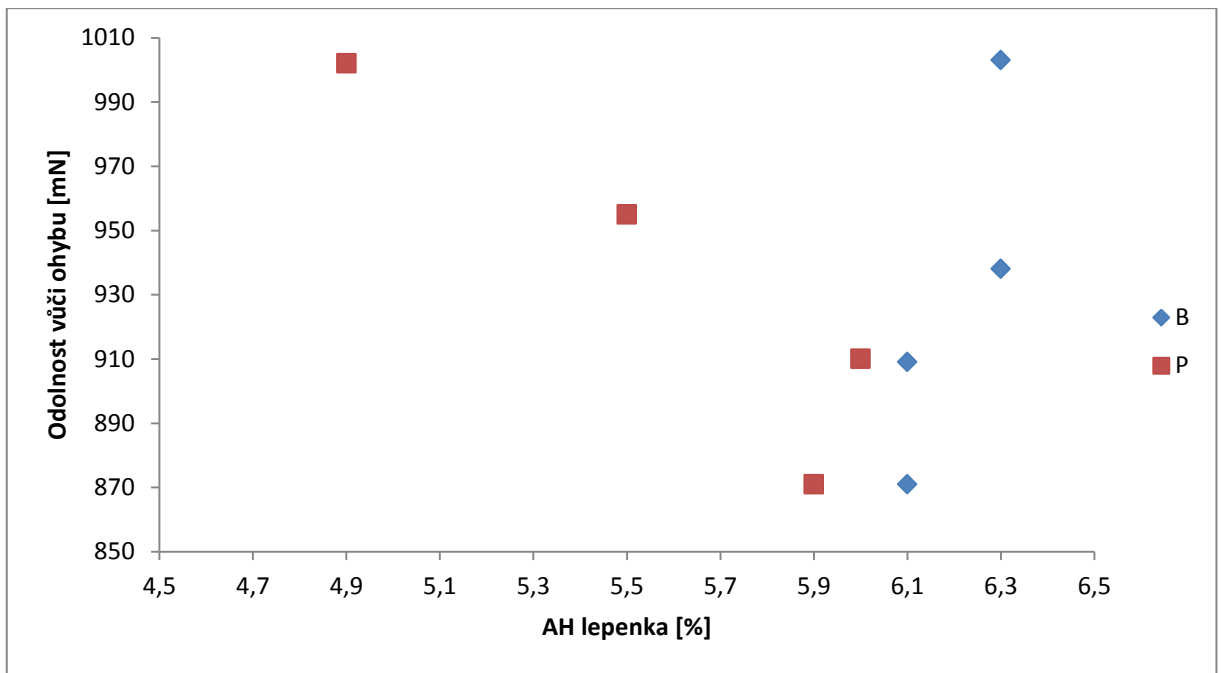
Kvartil	Průměrná hodnota						
	P4 [mN]	P3 [mN]	P3 [%]	Tloušťka [μm]	RH lepenka [%]	RH vzduch [%]	AH lab. [%]
1	871	509	58,4	213	49,9	43,3	5,9
2	910	535	58,8	214	50,4	47,0	6,0
3	955	560	58,6	215	50,9	47,0	5,5
4	1 002	578	57,6	217	51,2	45,6	4,9



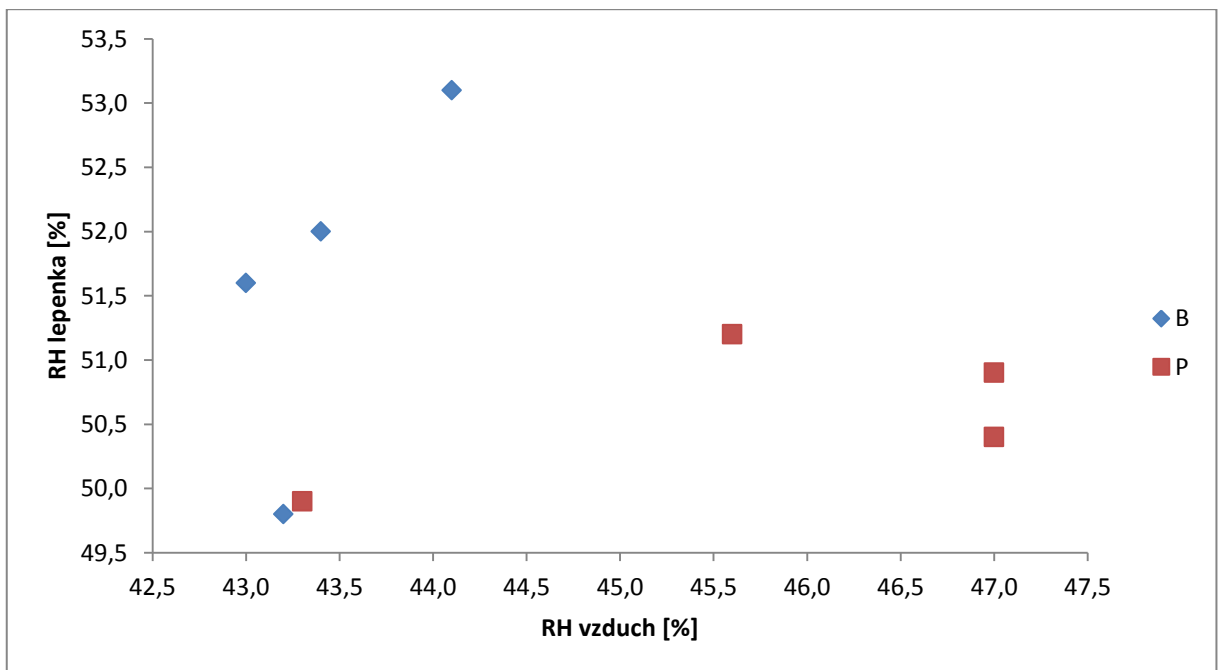
Graf 2 Závislost průměrných odolností vůči ohybu v poloze 4 na tloušťce výseků, Carta Integra, HSL 1



Graf 3 Závislost průměrných odolností vůči ohybu v poloze 4 na RH lepenky, Carta Integra, HSL 1



Graf 4 Závislost průměrných odolností vůči ohybu v poloze 4 na AH výšeků, Carta Integra, HSL 1



Graf 5 Závislost relativní vlhkosti lepenky na relativní vlhkosti vzduchu, Carta Integra, HSL 1

Vyhodnocení perforovaných výseků odebraných od balicí linky HSL 2

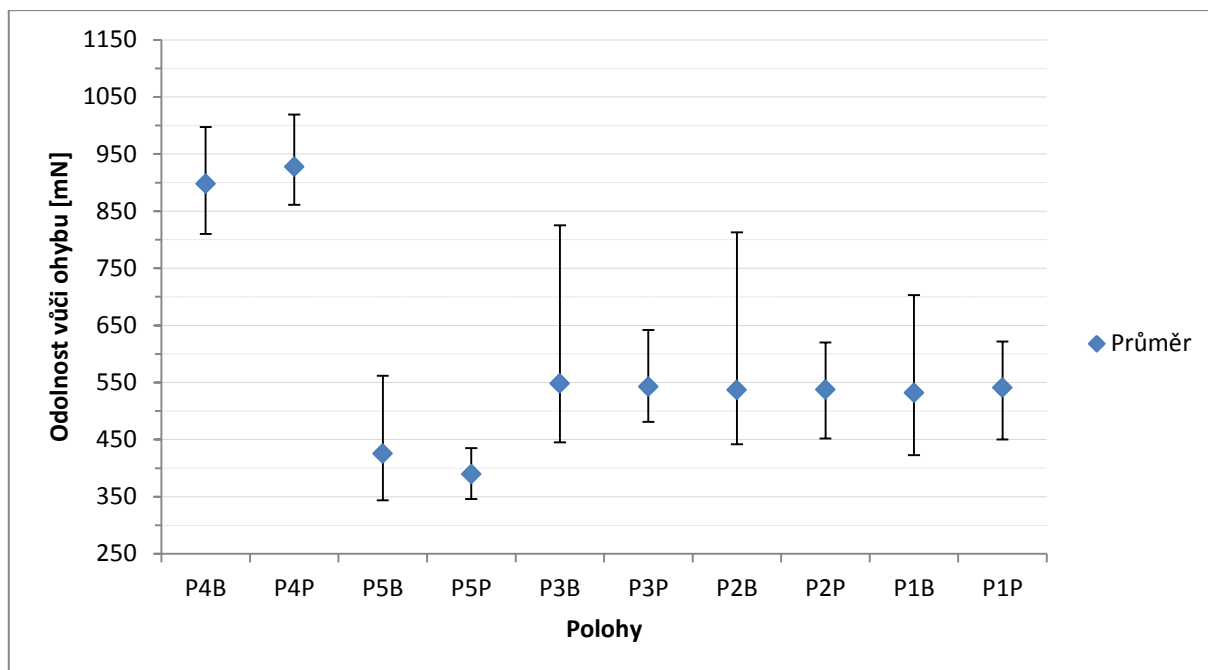
Hodnotilo se 225 výseků z každého souboru výseků – bezproblémového i problémového.

Tabulka 28 Vyhodnocení odolnosti vůči ohybu na výsecích odebraných od balicí linky HSL 2

Carta Integra	P4 [mN]		P5 [mN]		P3 [mN]		P2 [mN]		P1 [mN]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	898	928	426	390	548	543	537	538	532	541
SD	31,04	32,21	37,17	22,55	52,66	41,93	45,50	40,26	48,56	39,01
Min	810	861	344	346	445	481	442	452	423	450
Max	997	1 019	562	435	825	642	813	620	703	622
F.test	0,5791		0,0000		0,0007		0,0677		0,0011	
T.test	0,0000		0,0000		0,2178		0,8353		0,0310	
1. kvartil	878	904	400	374	517	514	507	513	501	517
2. kvartil	896	925	418	390	540	532	532	524	523	545
3. kvartil	917	942	450	403	571	572	557	561	549	566

Bezproblémové výseky mají v poloze 4 nižší průměrnou hodnotu odolnosti vůči ohybu v porovnání s problémovými výseky. To dokazuje i rozložení hodnot v jednotlivých kvartilech. V poloze 5 je statisticky významný rozdíl v rozptylu i průměru hodnot, který ale naopak říká, že v této poloze měly bezproblémové výseky vyšší průměrnou hodnotou odolnosti vůči ohybu. V poloze 3 je rozdíl v rozptylu hodnot, ale průměrná hodnota souborů je podobná. Větší rozptyl má soubor bezproblémových výseků. Hodnoty průměrných odolností vůči ohybu pro polohu 2 jsou si podobné. Rozdíl v rozptylu i průměru je u polohy 1, kde výseky s nižší průměrnou hodnotou odolnosti vůči ohybu jsou bezproblémové.

Graf 6 znázorňuje rozpětí a průměrnou hodnotu odolnosti vůči ohybu u jednotlivých poloh. U všech poloh bylo rozpětí bezproblémových výseků vyšší než problémových. Navíc u poloh 5; 3; 2 a 1 se dokonce rozpětí hodnot odolnosti vůči ohybu problémových výseků nachází uvnitř rozpětí bezproblémových výseků. Díky perforaci se průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu snížila přibližně na 60 %.



Graf 6 Rozpětí hodnot odolnosti vůči ohybu u jednotlivých poloh, Carta Integra, HSL 2

Tabulka 29 obsahuje srovnání výseků s nejnižší s nejvyšší zjištěnou hodnotou odolnosti vůči ohybu podle polohy 4. Výseky s vyšší odolností vůči ohybu mají vyšší tloušťku. Rozdíl mezi výsekem s nejvyšší a nejnižší hodnotou v bezproblémovém souboru výseků je 19 % a u problémových výseků 16 %.

Tabulka 29 Nejnižší a nejvyšší hodnota odolnosti vůči ohybu, Carta Integra, balicí linka HSL 2

Datum	Číslo výseku	Pozice na archu	RH vzduch [%]	RH lepenka [%]	AH lab. [%]	Tloušťka [μm]	P4 [mN]
Bezproblémové výseky							
8.8.2017	VYS000510	34	40,7	47,4	5,8	209	810
14.9.2017	VYS000293	16	43,3	51,5	5,6	212	997
Problémové výseky							
16.8.2017	VYS000510	9	44,2	51,1	6,0	211	861
24.8.2017	VYS000510	1	42,6	51	6,0	216	1 019

V Tabulce 30 je porovnání zbytkové odolnosti v lince ohybu u jednotlivých poloh. Ukazuje se, že u všech poloh bezproblémových výseků je rozptyl a průměrná zbytková odolnost v lince ohybu vyšší než u problémových výseků. Průměrná hodnota tloušťky lepenky je stejná a vyšší rozptyl je u bezproblémových výseků. Rozpětí tlouštěk je opět vyšší než uvádí technický list materiálu.

Tabulka 30 Zbytková odolnost v lince ohybu a tloušťka výseků od balicí linky HSL 2

Carta Integra	P3 [%]		P2 [%]		P1 [%]		Tloušťka [μm]	
	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	61,1	58,5	59,8	58,0	59,3	58,4	213	213
SD	5,88	3,88	4,95	4,38	5,23	4,41	2,92	1,54
Min	49,0	52,0	48,1	50,3	47,1	49,9	205	210
Max	95,2	66,7	92,0	65,9	78,5	66,9	223	216
F.test	0,0000		0,0672		0,0109		0,0000	
T.test	0,0000		0,0001		0,0531		0,0033	
1. kvartil	57,5	55,5	56,9	55,6	55,9	54,8	211	212
2. kvartil	60,3	57,0	59,4	57,8	58,5	57,8	212	213
3. kvartil	63,6	61,4	62,0	60,7	61,9	60,9	214	215

Tabulka 31 obsahuje přehled zjištěných hodnot vlhkosti a teploty. U bezproblémových výseků je nižší průměrná relativní a absolutní vlhkost lepenky. Při zpracování bezproblémových výseků byla naměřena průměrně vyšší relativní vlhkost vzduchu ve výrobě. Teploty lepenky a vzduchu ve výrobě jsou si podobné a pohybují se kolem 22 °C.

Tabulka 31 Vyhodnocení ostatních měřených parametrů u výseků od balicí linky HSL 2

Carta Integra	RH lepenka [%]		Teplota lepenka [°C]		RH vzduch [%]		Teplota vzduch [°C]		AH lab. [%]		AH stoh [%]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	50,8	51,0	22,1	21,9	45,0	43,3	22,2	22,2	5,8	6,0	6,0	6,1
SD	1,81	0,05	0,69	0,75	3,13	0,80	0,79	0,40	0,38	0,18	0,52	0,15
Min	47,4	51,0	20,7	21,2	40,7	42,6	20,5	21,8	4,4	5,5	5,0	6,0
Max	53,6	51,1	23,2	22,7	52,5	44,2	23,1	22,6	6,3	6,3	6,6	6,3
F.test	0,0000		0,2483		0,0000		0,0000		0,0000		0,0000	
T.test	0,0369		0,0003		0,0000		0,2158		0,0000		0,0005	
1. kvartil	49,2	51,0	21,8	21,2	42,1	42,6	21,7	21,8	5,6	5,9	5,6	6,0
2. kvartil	50,7	51,0	22,1	21,2	43,7	42,6	22,4	21,8	5,8	6,0	6,2	6,0
3. kvartil	51,9	51,1	22,7	22,7	47,2	44,2	22,9	22,6	6,1	6,1	6,5	6,3

V následujících Tabulkách 32 a 33 je uveden přehled extrémních hodnot se souvisejícími parametry.

Tabulka 32 Sada výseků s nejnižší a nejvyšší relativní vlhkostí vzduchu, Carta Integra, HSL 2

Bezproblémové výseky							
Datum	Číslo výseku	RH vzduch [%]	Teplota vzduch [°C]	AH lab. [%]	RH lepenka [%]	Tloušťka [μm]	Φ P4 [mN]
8.8.2017	VYS000510	40,7	22,4	5,7	47,4	212	862
18.8.2017	VYS000510	52,5	22,9	6,0	53,4	211	914

Tabulka 33 Výseky s nejnižší a nejvyšší absolutní vlhkostí lepenky, Carta Integra, HSL 2

Bezproblémové výseky								
Datum	Číslo výseku	Číslo pozice	AH lab. [%]	Teplota lepenka [°C]	RH lepenka [%]	RH vzduch [%]	Tloušťka [μm]	Φ P4 [mN]
9.8.2017	VYS000510	5	4,4	22,7	50,7	43,6	213	909
17.8.2017	VYS000510	12	6,3	23,0	53,2	48,1	212	878

Rozdíl mezi zjištěnými rozměry výseků je opět jen v desetinách milimetrů, jak je uvedeno v Tabulce 34.

Tabulka 34 Tabulka se zjištěnými rozměry výseků, Carta Integra, HSL 2

Carta Integra	Prohnutí [mm]		S [mm]		V [mm]		L [mm]		B [mm]		H [mm]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	0,7	0,8	105,3	105,5	97,4	97,5	71,9	71,9	23,5	23,5	5,0	5,0
SD	0,35	0,25	0,08	0,10	0,07	0,05	0,07	0,05	0,06	0,10	0,02	0,00
Min	0,0	0,5	105,2	105,4	97,3	97,4	71,8	71,9	23,5	23,4	5,0	5,0
Max	1,2	1,0	105,5	105,6	97,5	97,5	72,0	72,0	23,7	23,6	5,1	5,0
1. kvartil	0,5	0,5	105,3	105,4	97,4	97,4	71,9	71,9	23,5	23,4	5,0	5,0
2. kvartil	0,8	1,0	105,4	105,4	97,4	97,5	71,9	71,9	23,5	23,6	5,0	5,0
3. kvartil	1,0	1,0	105,4	105,6	97,5	97,5	72,0	72,0	23,6	23,6	5,0	5,0

Srovnání průměrných hodnot v jednotlivých kvartilových skupinách je uvedeno v Tabulkách 35 a 36. U skupin bezproblémových výseků byla zjištěna průměrná nižší relativní a absolutní vlhkost lepenky v porovnání se skupinami problémových výseků. Bezproblémové skupiny výseků byly zpracovávány při průměrně vyšší relativní vzdušné

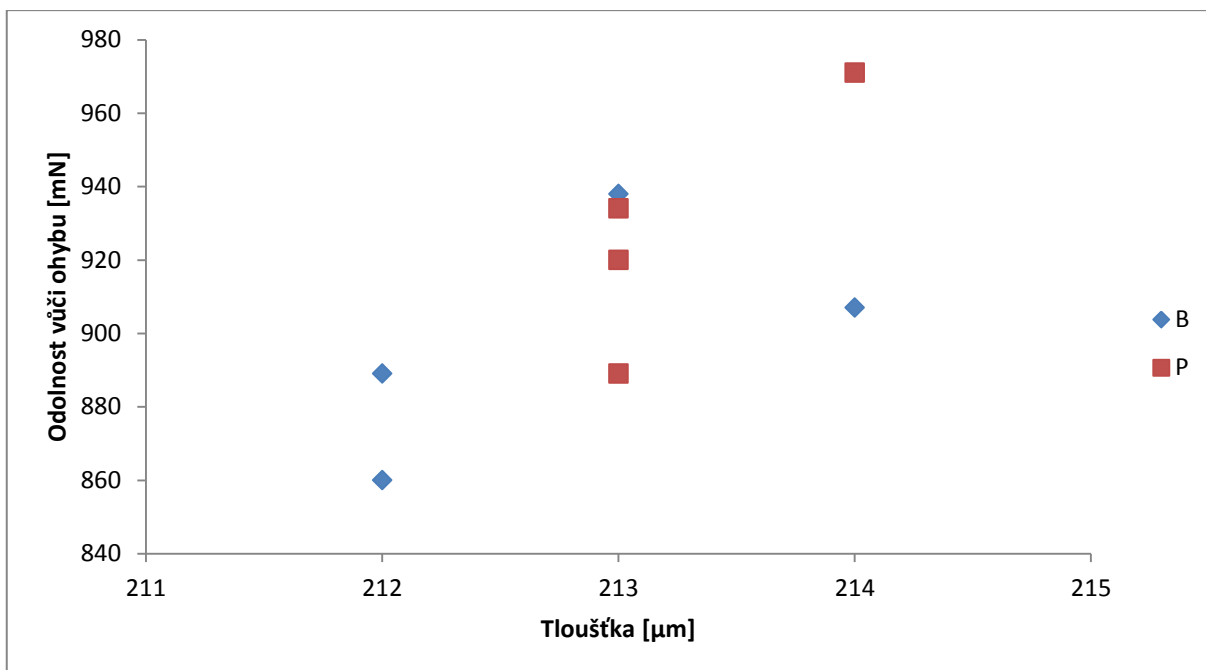
vlhkosti. Pro další hodnocení, byly vytvořeny Grafy 7–10. U těchto skupin výseků odebraných od balicí linky HSL 2 se neprokázala přímá závislost mezi hodnotami odolnosti vůči ohybu jednotlivých skupin a jejich zjištěnou tloušťkou. Celkově je průměrná hodnota tloušťky i odolnosti vůči ohybu u výseků z materiálu Carta Integra odebraných od balicí linky HSL 2 menší, než u výseků odebraných od balicí linky HSL 1. Na obou linkách se zpracovávaly jiné zakázky z odlišných šarží materiálu a to může způsobovat odlišnosti ve zjištěných parametrech. Graf 8 ukazuje, že u daných průměrných hodnot se nenašla závislost mezi odolností vůči ohybu a relativní vlhkostí lepenky. V Grafu 9 je mírná závislost zjištěných hodnot odolnosti vůči ohybu na absolutní vlhkosti lepenky, kdy čím vyšší je průměrná absolutní vlhkost výseků tak tím nižší je jejich odolnost vůči ohybu. Problémové výseky mají vyšší průměrné hodnoty absolutních vlhkostí. Z Grafu 10 vyplývá, že u bezproblémových výseků se relativní vlhkost lepenky nestačila vyrovnat s relativní vlhkostí vzduchu.

Tabulka 35 Průměry kvartilových skupin bezproblémových výseků, Carta Integra, balicí linka HSL 2

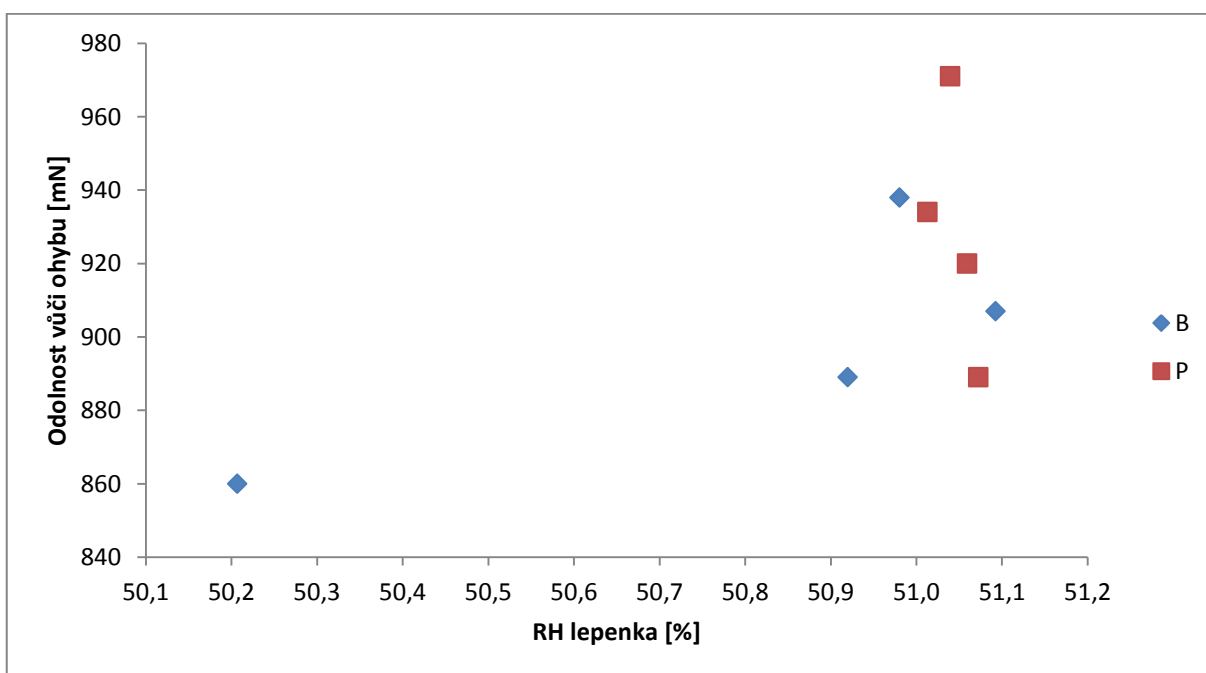
Kvartil	Průměrná hodnota						
	P4 [mN]	P3 [mN]	P3 [%]	Tloušťka [μm]	RH lepenka [%]	RH vzduch [%]	AH lab. [%]
1	860	538	62,6	212	50,2	44,4	5,8
2	889	541	60,8	212	50,9	45,5	5,8
3	907	546	60,2	214	51,1	45,5	5,8
4	938	568	60,6	213	51,0	44,7	5,7

Tabulka 36 Průměry kvartilových skupin problémových výseků, Carta Integra, balicí linka HSL 2

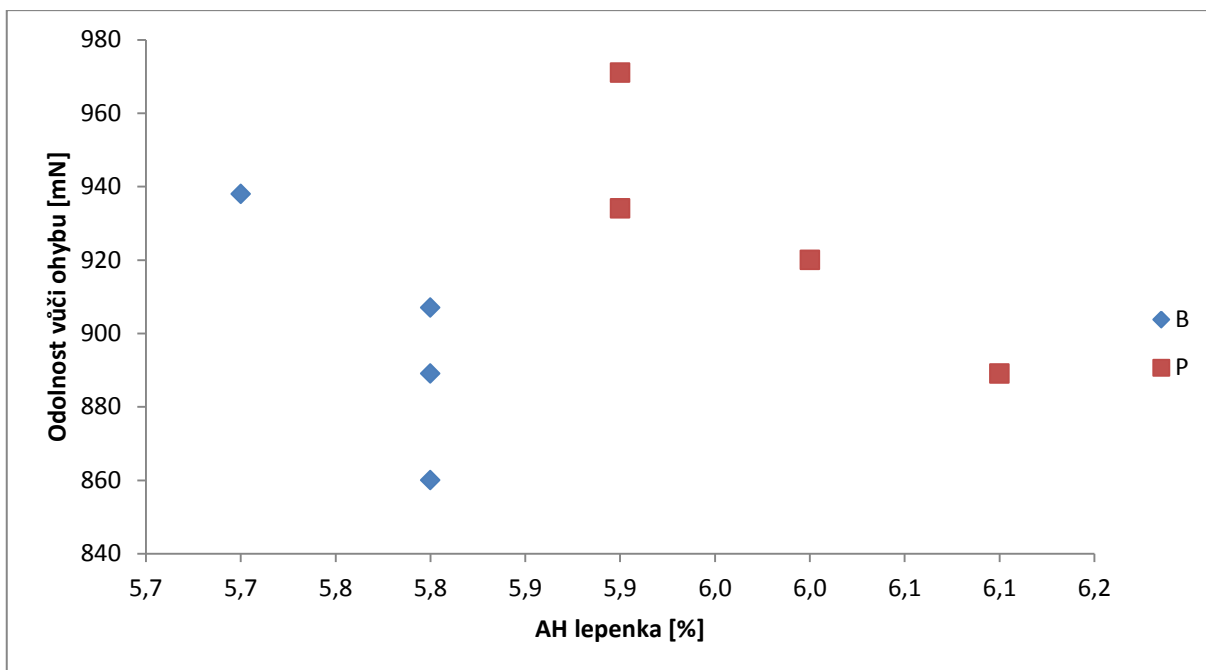
Kvartil	Průměrná hodnota						
	P4 [mN]	P3 [mN]	P3 [%]	Tloušťka [μm]	RH lepenka [%]	RH vzduch [%]	AH lab. [%]
1	889	523	58,8	213	51,1	43,8	6,1
2	920	542	59,0	213	51,1	43,5	6,0
3	934	530	56,8	213	51,0	42,8	5,9
4	971	577	59,4	214	51,0	43,2	5,9



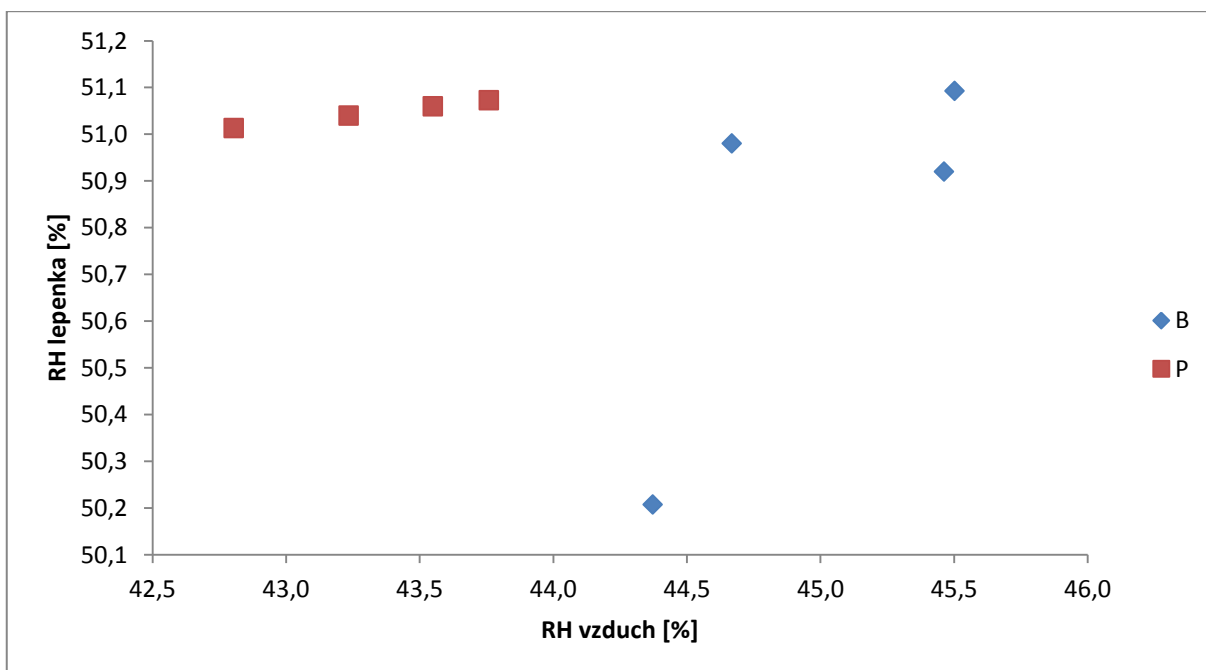
Graf 7 Závislost průměrných odolností vůči ohybu v poloze 4 na tloušťce výseků, Carta Integra, HSL 2



Graf 8 Závislost průměrných odolností vůči ohybu v poloze 4 na RH lepenky, Carta Integra, HSL 2



Graf 9 Závislost průměrných odolností vůči ohybu v poloze 4 na AH lepenky, Carta Integra, HSL 2



Graf 10 Závislost relativní vlhkosti lepenky na relativní vlhkosti vzduchu, Carta Integra, HSL 2

2.4.2.2 Ningbo Fold

Vyhodnocení perforovaných výseků odebraných od balicí linky HSL 1

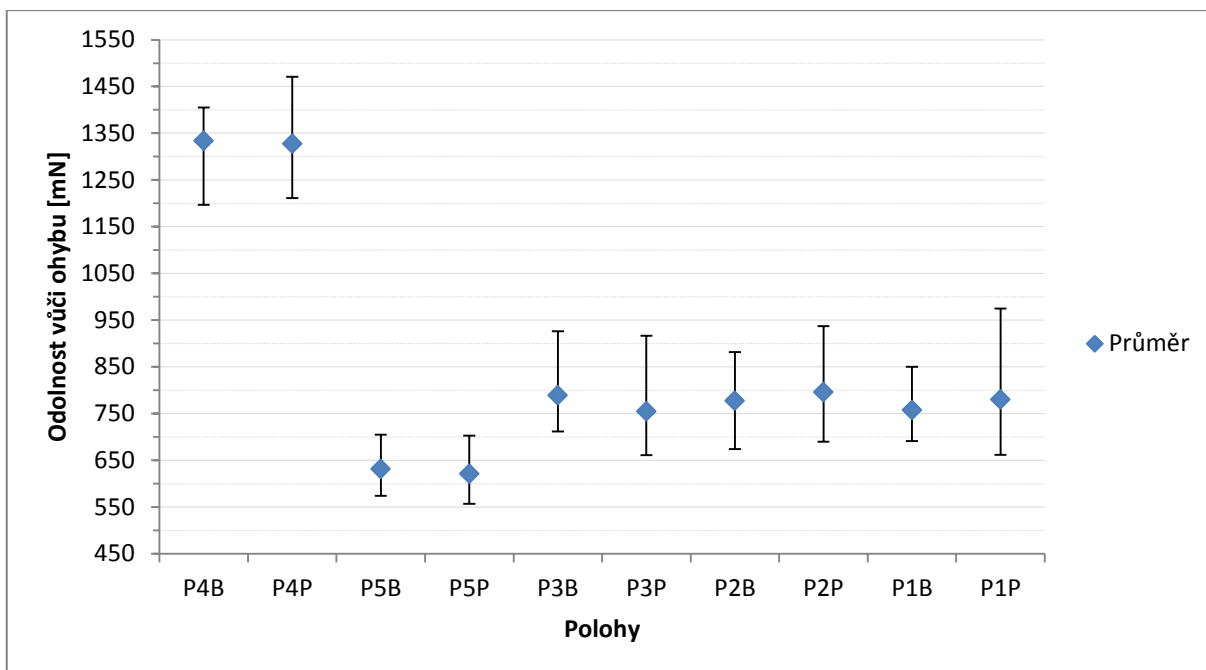
Hodnotilo se 45 výseků z bezproblémového a stejný počet z problémového souboru.

Tabulka 37 Vyhodnocení odolnosti vůči ohybu na výsecích odebraných od balicí linky HSL 1

Ningbo Fold	P4 [mN]		P5 [mN]		P3 [mN]		P2 [mN]		P1 [mN]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	1334	1328	631	621	789	754	777	796	757	780
SD	54,20	55,59	28,61	28,19	57,93	57,72	50,58	54,62	42,67	55,58
Min	1 197	1 211	574	557	712	661	674	690	691	662
Max	1 405	1 471	705	703	926	917	882	937	850	975
F.test	0,8680		0,9225		0,9810		0,6123		0,0830	
T.test	0,6122		0,0970		0,0063		0,1051		0,0370	
1. kvartil	1 308	1 293	613	602	730	715	749	765	734	744
2. kvartil	1 350	1 319	635	619	791	741	771	792	744	770
3. kvartil	1 371	1 369	649	643	821	787	804	824	779	808

V průměrné hodnotě odolnosti vůči ohybu ani v rozptylu hodnot v poloze 4 není statisticky významný rozdíl mezi oběma soubory dat. Průměrné hodnoty odolnosti vůči ohybu a rozptylu v poloze 5 jsou si také podobné. V poloze 3 je statisticky významný rozdíl v průměrné hodnotě. Bezproblémové výseky mají vyšší průměrnou hodnotu odolnosti vůči ohybu. Rozdíly v poloze 2 jsou statisticky nevýznamné. V poloze 1 je odlišná průměrná hodnota, kdy bezproblémové výseky mají nižší průměrnou hodnotu odolnosti vůči ohybu.

V Grafu 11 je srovnání rozpětí a průměrné hodnoty odolnosti vůči ohybu u jednotlivých poloh problémových i bezproblémových výseků. Perforací se snížila zbytková odolnost v lince ohybu přibližně na 60 %.



Graf 11 Rozpětí hodnot odolnosti vůči ohybu u jednotlivých poloh, Ningbo Fold, HSL 1

V Tabulce 38 je porovnání výseků s nejnižší a nejvyšší zjištěnou hodnotou odolnosti vůči ohybu. U výseků s vyššími hodnotami odolnosti vůči ohybu jsou naměřené nižší průměrné vlhkosti lepenky. Rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou tuhosti je pro bezproblémové výseky 15 % a u problémových výseků 18 %.

Tabulka 38 Nejnižší a nejvyšší hodnota odolnosti vůči ohybu, Ningbo Fold, balicí linka HSL 1

Datum	Číslo výseku	Pozice na archu	RH vzduch [%]	RH lepenka [%]	AH lab. [%]	Tloušťka [μm]	P4 [mN]
Bezproblémové výseky							
1.12.2017	VYS000135_01	4	–	53,3	5,3	240	1 197
10.11.2017	VYS000135_01	15	–	49,2	4,9	241	1 405
Problémové výseky							
30.8.2017	VYS000164	26	48,7	49,1	5,6	241	1 211
29.8.2017	VYS000164	29	43,6	48,2	5,3	215	1 471

Statisticky významný rozdíl je v průměrné hodnotě zbytkové odolnosti v lince ohybu u polohy 3 a 1. V poloze 3 je u bezproblémových výseků vyšší průměrná zbytková odolnost v lince ohybu a naopak v poloze 1 nižší v porovnání s hodnotami problémových výseků. Zjištěné hodnoty tloušťek obou souborů jsou si podobné. Uvedená tloušťka Ningbo Foldu je v technickém listu 245 μm s tolerancí $\pm 10 \mu\text{m}$. Rozpětí naměřených hodnot tomuto odpovídá.

Tabulka 39 Zbytková odolnost v lince ohybu a tloušťka výseků od balicí linky HSL 1

Ningbo Fold	P3 [%]		P2 [%]		P1 [%]		Tloušťka [μm]	
	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	59,2	56,9	58,4	60,0	56,8	58,8	243	244
SD	4,01	4,79	4,76	4,21	3,28	3,91	2,37	2,63
Min	50,8	48,7	48,0	53,0	49,9	50,7	238	237
Max	71,1	73,8	73,0	73,7	67,8	68,4	248	251
F.test	0,2417		0,4174		0,2460		0,4995	
T.test	0,0175		0,1020		0,0142		0,0838	
1. kvartil	57,4	53,7	55,1	57,5	54,8	55,7	241	242
2. kvartil	59,7	56,7	57,0	59,3	56,3	59,3	243	243
3. kvartil	61,2	59,4	60,8	61,7	58,4	60,8	244	245

V Tabulce 40 jsou uvedené naměřené teploty a vlhkosti výseků. Zde jsou rozdíly jak v rozptylech hodnot, tak i v průměrné hodnotě. Bezproblémové výseky mají vyšší rozptyl a vyšší průměrnou relativní vlhkosti lepenky. Podle zjištěných hodnot by bylo optimální, kdyby relativní vlhkost lepenky byla nad 49,2 % s teplotou do 21,1 $^{\circ}\text{C}$. Statisticky významný rozdíl je i ve zjištěné absolutní vlhkosti výseků. Tento výsledek je ale ovlivněný malou směrodatnou odchylkou. Z praktického hlediska jsou si hodnoty podobné.

Tabulka 40 Vyhodnocení ostatních měřených parametrů u výseků od balicí linky HSL 1

Carta Integra	RH lepenka [%]		Teplota lepenka [$^{\circ}\text{C}$]		AH lab. [%]	
	B	P	B	P	B	P
Průměr	50,6	48,6	20,8	22,2	5,2	5,3
SD	1,93	0,39	0,42	0,22	0,19	0,14
Min	49,2	48,2	20,2	22,0	4,8	4,9
Max	53,3	49,1	21,1	22,5	5,5	5,6
F.test	0,0000		0,0000		0,0485	
T.test	0,0000		0,0000		0,0002	
1. kvartil	49,2	48,2	20,2	22,0	5,0	5,2
2. kvartil	49,2	48,4	21,1	22,1	5,2	5,4
3. kvartil	53,3	49,1	21,1	22,5	5,3	5,4

Zjištěné rozdíly v rozměrech jsou opět v rámci tolerance a nejsou věcně významné. Přehled je uveden v Tabulce 41.

Tabulka 41 Tabulka se zjištěnými rozměry výseků, Ningbo Fold, HSL 1

Carta Integra	Prohnutí [mm]		S [mm]		V [mm]		L [mm]		B [mm]		H [mm]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
Průměr	1,3	1,1	105,3	105,3	97,4	97,4	71,9	71,9	23,6	23,6	5,0	5,0
SD	0,33	0,14	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,00	0,00
Min	0,8	1,0	105,3	105,3	97,4	97,4	71,9	71,8	23,5	23,5	5,0	5,0
Max	1,5	1,3	105,3	105,3	97,5	97,4	71,9	71,9	23,6	23,6	5,0	5,0
1. kvartil	0,8	1,0	105,3	105,3	97,4	97,4	71,9	71,8	23,5	23,5	5,0	5,0
2. kvartil	1,5	1,0	105,3	105,3	97,4	97,4	71,9	71,9	23,6	23,6	5,0	5,0
3. kvartil	1,5	1,3	105,3	105,3	97,5	97,4	71,9	71,9	23,6	23,6	5,0	5,0

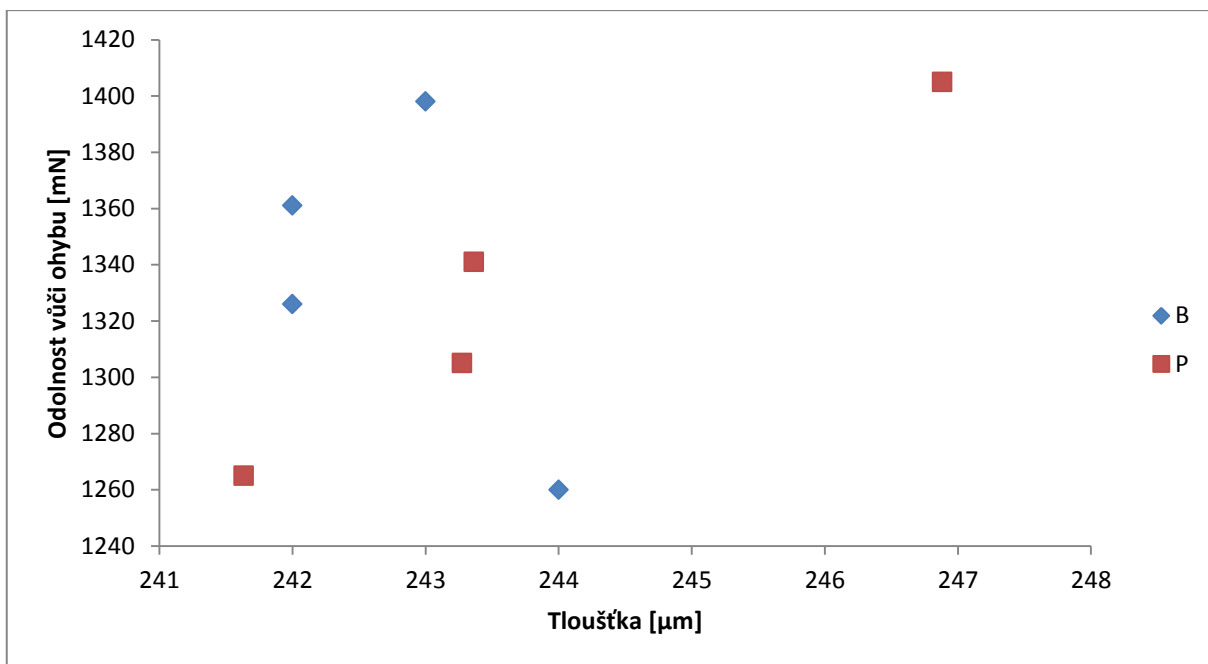
K dalšímu posouzení dat bylo provedeno rozdělení do skupin podle kvartilů, v Tabulkách 42 a 43. Bezproblémové skupiny výseků měly oproti problémovým skupinám vyšší průměrnou relativní vlhkost lepenky a nižší průměrnou zbytkovou odolnost v lince ohybu. Jak je znázorněné v Grafu 12, tak závislost průměrných naměřených hodnot odolnosti vůči ohybu na tloušťce lepenky byla jen u problémových výseků. Graf 13 ukazuje, že se snižující se průměrnou relativní vlhkostí lepenky v daném rozpětí se zvyšuje její zjištěná odolnost v lince ohybu. Podle Grafu 14 závislost průměrných hodnot odolnosti vůči ohybu na průměrné absolutní vlhkosti lepenky je jen u bezproblémových výseků.

Tabulka 42 Průměry kvartilových skupin bezproblémových výseků, Ningbo Fold, balicí linka HSL 1

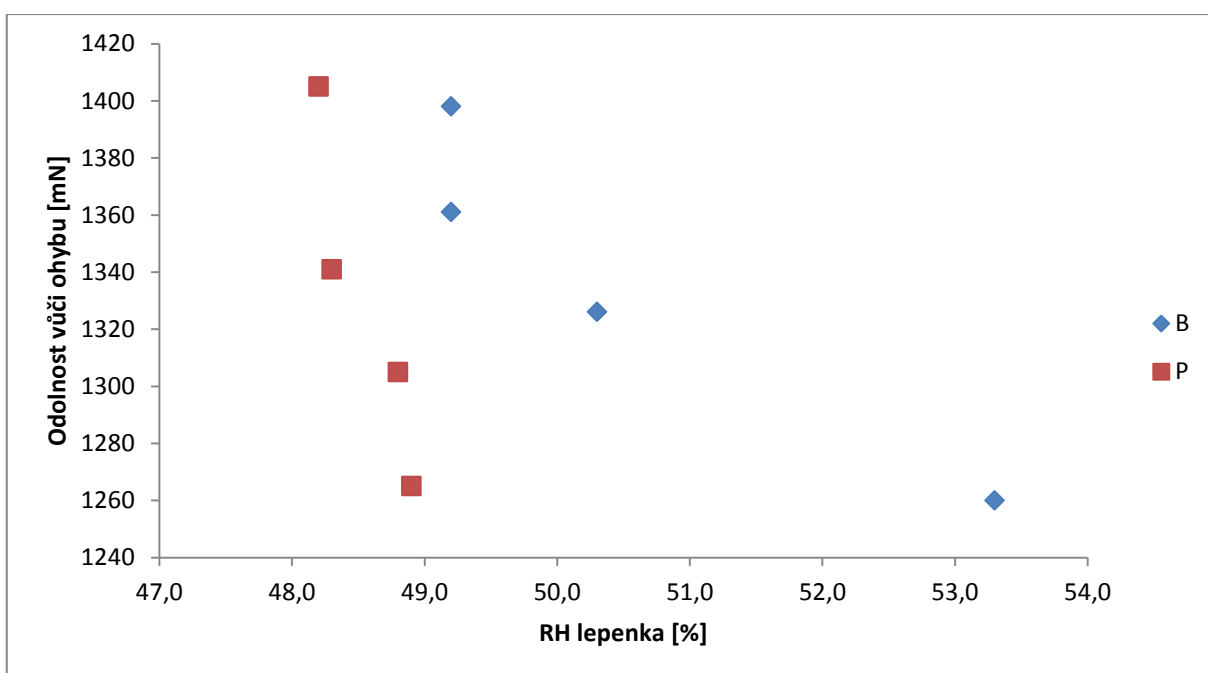
Kvartil	Průměrná hodnota					
	P4 [mN]	P3 [mN]	P3 [%]	Tloušťka [μm]	RH lepenka [%]	AH lab. [%]
1	1 260	755	59,9	244	53,3	5,4
2	1 326	784	59,2	242	50,3	5,2
3	1 361	814	59,8	242	49,2	5,1
4	1 398	805	57,5	243	49,2	5,0

Tabulka 43 Průměry kvartilových skupin problémových výseků, Ningbo Fold, balicí linka HSL 1

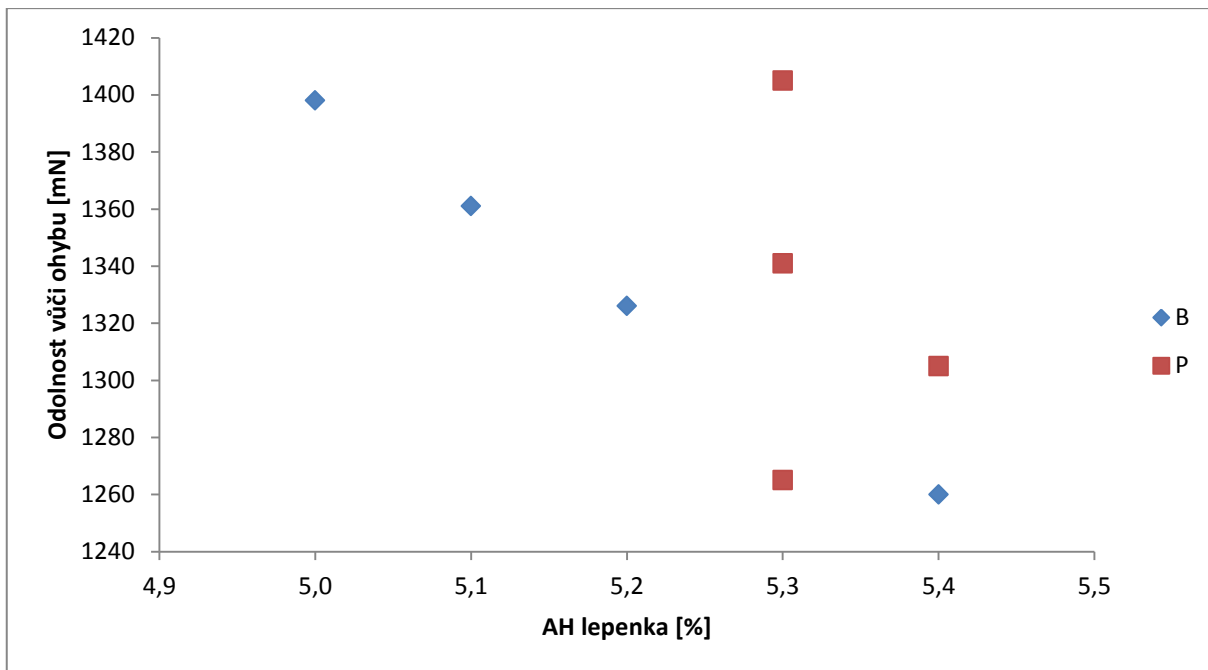
Kvartil	Průměrná hodnota					
	P4 [mN]	P3 [mN]	P3 [%]	Tloušťka [μm]	RH lepenka [%]	AH lab. [%]
1	1 265	758	59,9	242	48,9	5,3
2	1 305	738	56,5	243	48,8	5,4
3	1 341	754	56,2	243	48,3	5,3
4	1 405	768	54,7	247	48,2	5,3



Graf 12 Závislost průměrných odolností vůči ohybu v poloze 4 na tloušťce výseků, Ningbo Fold, HSL 1



Graf 13 Závislost odolností vůči ohybu v poloze 4 na RH lepenky, Ningbo Fold, HSL 1

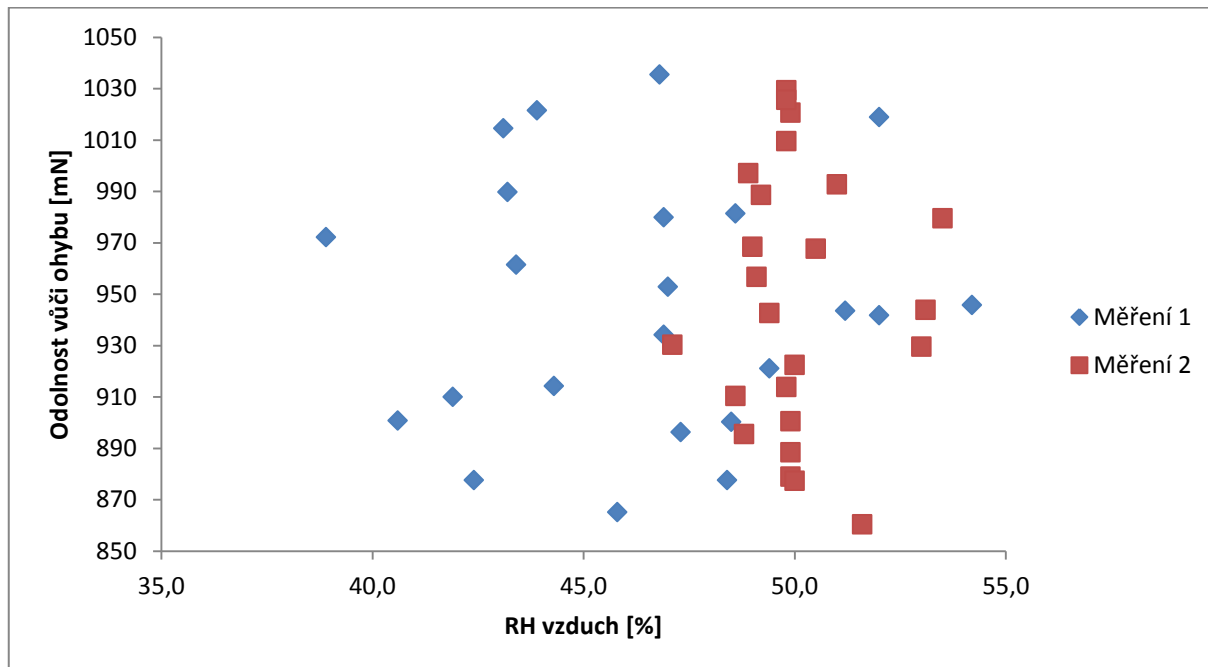


Graf 14 Závislost odolností vůči ohybu v poloze 4 na AH lepenky, Ningbo Fold, HSL 1

2.4.3 Vyhodnocení měření typu 1 a 2

Dále se testovalo, jaký vliv má okolní prostředí na měřené parametry výseků. Odebraly se dvě totožné skupiny vzorků, přičemž jedna skupina se testovala hned po odebrání z výroby a druhá se nechala den aklimatizovat v prostředí klimatizované laboratoře. V rámci tohoto experimentu se celkově proměřilo 720 výseků. Pro vyhodnocení se vypočítala průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu u 15 výseků odebraných při stejných okolních podmínkách. Každý bod v grafu tedy představuje průměr z těchto 15 vzorků.

Srovnání naměřených parametrů pro lepenku Carta Integra obsahují Grafy 15–17. Jako měření 1 je označováno testování výseků ihned z výroby, měření 2 je označení pro testování aklimatizovaných výseků. Z Grafu 15 je patrné, že relativní vlhkost vzduchu naměřená v daném rozsahu, nemá na průměrnou hodnotu odolnosti vůči ohybu vliv. Mírná závislost odolnosti vůči ohybu na tloušťce výseků se objevuje v Grafu 16. V Grafu 17 se neprokázala závislost mezi průměrnými hodnotami odolnosti vůči ohybu na zjištěných absolutních vlhkostech lepenky. Zjištěné hodnoty odolnosti vůči ohybu mají velice podobné rozpětí u obou typů měření, což dokazuje, že takové rozpětí je běžnou vlastností lepenky a okolní prostředí tyto hodnoty moc neovlivňuje.



Graf 15 Závislost průměrných odolností vůči ohybu v poloze 4 na relativní vlhkosti vzduchu, Carta Integra

3 DISKUZE A ZÁVĚR

Celkově bylo proměřeno 1 560 výseků z lepenky Carta Integra. Průměrná zjištěná hodnota odolnosti vůči ohybu této lepenky je 930 mN. Rozpětí hodnot od naměřené průměrné hodnoty by se mělo pohybovat od 790,5 mN do 1 069,5 mN. Mimo toto rozpětí bylo celkově pouze 1,2 % hodnot. Průměrná hodnota zjištěné tloušťky u těchto výseků byla 214 μm . Relativní vlhkost lepenky byla v průměru 50 % s teplotou 22 °C a absolutní vlhkostí 6 %.

Větší rozpětí zjištěných hodnot odolnosti vůči ohybu, u výseků z lepenky Carta Integra, měly u balicí linky HSL 1 bezproblémové výseky v polohách 4; 3; 2 a 1. V poloze 3 se dokonce rozpětí problémových výseků prolíná s rozpětím bezproblémových výseků. Bezproblémové výseky odebrané od balicí linky HSL 2 mají oproti problémovým výsekům větší rozpětí hodnot odolnosti vůči ohybu u všech poloh a dokonce v polohách 5; 3; 2 a 1 se tato rozpětí prolínají s problémovými výseky.

Statisticky nebyl zjištěný rozdíl v průměru ani rozptylu hodnot odolnosti vůči ohybu mezi skupinami bezproblémových a problémových skupin výseků, v poloze 4, odebraných u balicí linky HSL 1. U výseků z lepenky Carta Integra odebraných od balicí linky HSL 2 byl v poloze 4 zjištěný statisticky významný rozdíl mezi bezproblémovými a problémovými výseky, kdy bezproblémové výseky měly nižší průměrnou hodnotu odolnosti vůči ohybu. Zjištěná průměrná zbytková odolnost v lince ohybu byla u lepenky Carta Integra větší u bezproblémových výseků. Výseky, které nedělaly v balicí lince HSL 1 problémy, měly v průměru vyšší relativní a absolutní vlhkost lepenky. Teorie uvádí, že lepenka s větší vlhkostí by měla být ohebnější a tudíž lépe v balicí lince zpracovatelná. U balicí linky HSL 2 měly ale odebrané bezproblémové výseky průměrnou hodnotu relativní a absolutní vlhkosti lepenky nižší než u problémových výseků. Nebylo nalezeno rozpětí hodnot, ve kterém výseky vždy dělaly problémy a rozpětí, kdy se chovaly optimálně. Výseky z lepenky Carta Intagra, odebrané od balicí linky HSL 2, mají nižší průměrnou hodnotu odolnosti vůči ohybu oproti výsekům ze stejné lepenky odebraných od balicí linky HSL 1. Tyto výseky měly také menší průměrnou tloušťku. Na obou linkách byly zpracovávány jiné typy zakázek, na které se použily různé šarže materiálu, a to pravděpodobně způsobuje tyto rozdíly. Data se dále rozdělily do menších skupin podle kvartilů, aby se porovnal výseky s průměrnými nižšími a vyššími hodnotami odolnosti vůči ohybu v obou souborech dat. Díky tomuto vyhodnocení se ukázalo, že bezproblémové a problémové výseky odebrané od balicí linky HSL 1 mají v kvartilových skupinách 1; 2 a 4 velice podobné průměrné hodnoty odolností vůči ohybu. To

by dokazovalo, že odolnost vůči ohybu nemá na průchod výseků balicí linkou vliv. Bezproblémové skupiny výseků měly vyšší průměrnou relativní vlhkost lepenky. Z grafů se ukázalo, že průměrné hodnoty odolnosti vůči ohybu u výseků od balicí linky HSL 1 jsou přímo úměrné tloušťce lepenky Carta Integra.

Od lepenky Ningbo Fold bylo celkově proměřeno 240 výseků. Zjištěná průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu je 1 343 mN. Rozpětí hodnot od naměřené průměrné hodnoty by se mělo pohybovat od 1 208,7 až 1 477,3 mN. V tomto rozpětí se nenacházelo pouze 2,08 % hodnot. Průměrná hodnota tloušťky této lepenky je 244 μm . Celkově byla u této lepenky zjištěná průměrná relativní vlhkost 49 % s teplotou 22 °C a absolutní vlhkostí 5 %.

Větší rozpětí hodnot odolnosti vůči ohybu měly problémové výseky ve všech polohách.

Statisticky zde nebyl zjištěn významný rozdíl v průměrné odolnosti vůči ohybu v poloze 4 mezi soubory bezproblémových a problémových výseků. V průměrných hodnotách zbytkové odolnosti v lince ohybu, byl statisticky významný rozdíl pouze v poloze 1, kdy bezproblémové výseky měly nižší průměrnou hodnotu. Podle zjištěných maximálních a minimálních hodnot relativní vlhkosti lepenky u bezproblémových výseků je optimální, aby minimální hodnota relativní vlhkosti lepenky byla nad 49,2 % s teplotou do 21,1 °C. Z vyhodnocení průměrných hodnot kvartilových skupin se ukázalo, že zjištěné hodnoty odolnosti vůči ohybu jsou ovlivněny hlavně relativní vlhkostí lepenky Ningbo Fold. Čím vyšší relativní vlhkost tato lepenka měla, tak tím menší byla její průměrná hodnota odolnosti vůči ohybu. Skupiny bezproblémových i problémových výseků měly velice podobnou průměrnou nejnižší a nejvyšší hodnotu odolnosti vůči ohybu. Bezproblémové skupiny výseků měly ale vyšší relativní vlhkost lepenky.

Vypočítané průměrné hodnoty vzdušné relativní vlhkosti, relativní a absolutní vlhkosti lepenky se liší pouze v jednotkách procent. Extrémní hodnoty u jednotlivých vlhkostí jsou uvedeny v tabulkách včetně odpovídajících zjištěných teplot a dalších parametrů. V první sekci experimentální části práce jsou uvedeny tabulky se zjištěnými tloušťkami a průměrnými hodnotami odolnosti vůči ohybu u skupin výseků odebraných v jeden den, ze stejného typu lepenky a od dané balicí linky. Při seřazení výsledků měření podle data se ukázalo, že v určitých dnech, tedy sadách měření, byly hodnoty tloušťek lepenky a odolnosti vůči ohybu vyšší a v jiných dnech nižší. Odolnost vůči ohybu lepenky je tedy ovlivněna hlavně výrobní šarží materiálu. Odchylka v těchto hodnotách je pravděpodobně způsobena i pozdějším

zpracováním lepenky v tiskárně, kdy na ni působí mnoho proměnných jak v tiskovém stroji při potisku, tak při dokončujících operacích.

V souboru problémových výseků nebyla nalezena žádná skupina výseků, která by pocházela z podobných pozic z tiskového archu. Ani když byla data seřazena od nejnižší po nejvyšší hodnotu odolnosti vůči ohybu, tak se u sebe nenašly výseky z podobných pozic z původního tiskového archu. Tedy ani jednotlivé pozice zpracovatelnost výseků významně neovlivňují.

Průměrná variabilita rozměrů výseků byla změřena s odchylkou v rozsahu $\pm 0,3$ mm. Při analýze bylo dále pozorováno různé prohnutí jednotlivých výseků, které se však nacházely v obou souborech problémových i bezproblémových výseků. V obou případech se považují tyto aspekty za nevýznamné při zpracování na balicích linkách.

V rámci dalšího testování se zjišťovalo, jak okolní prostředí ovlivňuje měřené parametry výseků. Z naměřených hodnot nebyla prokázána závislost hodnot odolnosti vůči ohybu na relativní vzdušné vlhkosti nebo absolutní vlhkosti lepenky. Nebyla zjištěna ani závislost mezi rozměry výseků a jejich absolutní vlhkostí nebo relativní vlhkostí vzduchu.

S ohledem na získané výsledky se ukázalo, že odolnost vůči ohybu v naměřeném rozpětí, nemá na průchodnost výseků balicí linkou vliv. Zjistilo se, že relativní vlhkost výseků nebyla v rovnováze s relativní vlhkostí vzduchu ve výrobě. Relativní vlhkost lepenky byla vyšší než relativní vlhkost vzduchu ve výrobě. Bezproblémové výseky odebrané od balicí linky HSL 1 měly průměrně vyšší hodnoty relativní vlhkosti lepenky v porovnání s problémovými výseky. Vzhledem k tomuto zjištění, je doporučením pro firmu zvýšit relativní vlhkost vzduchu ve výrobě nebo rozbalit paletu s výseky, určenou pro zpracování v balicí lince HSL 1, až těsně před zpracováním, aby si lepenka udržela vyšší relativní vlhkost a neztrácela ji při vyrovnání se podmínkám okolního prostředí.

Průchodnost výseků linkou mohou ovlivňovat ostatní vlastnosti materiálu jako například povrchové vlastnosti nebo míra zpětného pružení, které v rámci rozsahu práce a dostupných měřicích technologií už nebyly zkoumány. Je taky možné, že průchodnost výseků je ovlivněna jinými než materiálovými parametry jako například seřazením linky.

4 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Papír, lepenky, vlákniny a související názvosloví: Část 3: Názvosloví výroby papíru*. 1. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [2] *HANDBUCH FÜR DEN PACKMITTELTECHNOLOGEN: Band 1* [online]. b.r., 86–136 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z:
<http://www.verband-druck-bw.de/assets/Uploads/Bildung/Downloads/PMT/Lernfeld2Packstoffauswhlen.pdf>
- [3] DOLEŽAL, Ivan. Hladké a vlnité lepenky - nejrozšířenější obalové materiály. *Svět tisku* [online]. b.r. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z:
http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=2481&
- [4] BERRY, C., B. J. HICKS, C. J. MCPHERSON, A. J. MEDLAND a G. MULLINEUX. Impact of environmental conditions on the performance of cartonboard skillets. *Packaging Technology and Science*. 2005, **18**(5), 225-241. DOI: 10.1002/pts.689. ISSN 0894-3214. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/pts.689>
- [5] General technical information. *IGGESUND: HOLMEN GROUP* [online]. Sweden: Iggesund Paperboard, 2017 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z:
<https://www.iggesund.com/en/knowledge/product-catalogue/general-technical-information/>
- [6] Cartonboard Factsheet. In: *CIPS: Chartered Institute of Procurement & Supply* [online]. Anglie: MINTEC, b.r. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z:
https://www.cips.org/Documents/Knowledge/Categories-Commodities/Mintec/Mintec_Factsheet_Cartonboard.pdf
- [7] Paperboard: guide. In: *Storaenso* [online]. Stora Enso Renewable Packaging, b.r. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z:
<http://assets.storaenso.com/se/renewablepackaging/DownloadDocuments/PaperboardGuide-en.pdf>
- [8] KIRWAN, Mark J. *Paper and paperboard packaging technology*. 2nd ed. Ames Iowa: Blackwell Pub., 2005. ISBN 978-14051-2503-1.
- [9] *Papier do drukowania*. b.r. ISBN 978-83-7283-754-7.

- [10] HOLICKÁ, Hana. *PolyGrafické materiály: Přednáška 3–4*. b.r.
- [11] SOUČEK, Milan. *Zkoušení papíru*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1977. Řada papírenské literatury.
- [12] PANÁK, Ján. *PolyGrafické minimum*. 2. vyd. Bratislava: TypoSet, 2000. ISBN 80-967-8113-8.
- [13] Dráhy papíru - směr vláken. *Stepa: Přesné a ostré řezání* [online]. Lanškroun: Stepa, 2015 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.stepa.cz/o-nas/technicka-data/drahy-papiru-smer-vlaken>
- [14] *Stanovení obsahu vlhkosti: Metoda sušení v sušárně*. 2. Praha: Vydavatelství norem, 1992.
- [15] Stiffness. *IGGESUND: HOLMEN GROUP* [online]. Švédsko: Iggesund Paperboard, 2017 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.iggesund.com/en/knowledge/knowledge-publications/the-reference-manual/baseboard-physical-properties/stiffness/>
- [16] *Stanovení tuhosti v ohybu: Rezonanční metoda*. 1. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 1994.
- [17] *Paper and board – Determination of bending stiffness: General principles for two-point, three-point and four-point methods*. 1. Švédsko: Swedish Standards Institute, 2012.
- [18] *Paper and board – Determination of bending stiffness by static methods: General principles*. 1. Švýcarsko: International Organization for Standardization Case Postale 56, 1990.
- [19] *ISO 2493-1: Paper and Board - Determination of Bending Resistance - Part 1: Constant Rate of Deflection*. 1. International Standard, 2010.
- [20] *ISO 2493-2: Paper and board – Determination of bending resistance – Part 2: Taber-type tester*. 1. 2011.
- [21] *Bending resistance*. Finsko, Norsko, Švédsko: KCL, PFI a STFI-Packforsk, 1995.
- [22] *Bending resistance of paper and paperboard: (Lorentzen & Wettre type tester)*. TAPPI, 1995.
- [23] *Bending resistance (stiffness) of paper and paperboard: (Taber-type tester in basic configuration)*. TAPPI, 1999.

- [24] *Bending resistance (stiffness) of paper: (Taber-type tester in 0 to 10 Taber stiffness unit configuration)*. TAPPI, 2002.
- [25] MACHÁŇ, Josef. Obalová technika I: Kap. 05a - Tvarování I. *Vyšší odborná škola obalové techniky a střední škola, Štětí* [online]. Štětí: Střední odborná škola a Vyšší odborná škola, 1999 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: http://www.odbornaskola.cz/joomla/images/stories/odbornaskola/pdf/Obalovatechnika1/kapitola5_tvarovn_st%20a.pdf
- [26] Printing and converting performance: Die-cutting and creasing. *IGGESUND: HOLMEN GROUP* [online]. Sweden: Iggesund Paperboard, b.r. [cit. 2018-01-27]. Dostupné z: <https://www.iggesund.com/en/knowledge/knowledge-publications/the-reference-manual/printing-and-converting-performance/die-cutting-and-creasing/>
- [27] *Folding and Creasing: Finishing of Coated Papers after Sheet-Fed Offset Printing*. 2. sappi, 2006.
- [28] KIPPHAN, Helmut. *Handbook of print media: technologies and production methods*. New York: Springer, 2001. ISBN 35-406-7326-1.
- [29] Nejefektivnější výsekový stroj na trhu: Společnost ScanMould vysekává inmould etikety pomocí rotačního výseku. *Koenig & Bauer* [online]. b.r. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: <http://www2.kba.com/cs/tiskove-zpravy/detail/article/nejefektivnejsi-vysekovy-stroj-na-trhu/>
- [30] Climate and Paper: The interaction between climate and the processing of coated papers in printing and finishing. *Sappi* [online]. Sappi Fine Paper Europe, b.r. [cit. 2017-12-10]. Dostupné z: <https://www.sappietc.com/sites/default/files/Climate%20and%20Paper.pdf>
- [31] KAPLANOVÁ, Marie. *Moderní polyGrafie*. 1. vyd. Praha: Svaz polyGrafických podnikatelů, 2009. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [32] Technical Bulletin. In: *GLATFELTER* [online]. Glatfelter, 2005 [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: http://www.glatfelter.com/files/products/carbonless/Moisture_Humidity.pdf
- [33] PARKER, M. E., J. E. BRONLUND a A. J. MAWSON. Moisture sorption isotherms for paper and paperboard in food chain conditions. *Packaging Technology and Science*. 2006, **19** (4), 193-209. DOI: 10.1002/pts.719. ISSN 0894-3214. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/pts.719>

- [34] Effects of Temperature and Humidity on Paper. *PRINTING INDUSTRIES OF AMERICA* [online]. 1995-2017 [cit. 2017-12-10]. Dostupné z:
<http://www.printing.org/Effects-of-Temperature-and-Humidity-on-Paper>
- [35] VLČKOVÁ, Vladimíra, Otakar MACHAČ a Michal PATÁK. *Aplikovaná statistika: studijní opora na CD*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2013. ISBN 978-80-7395-668-4.

ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Vliv vlastností skládačkové lepenky na průchod výseků balicí linkou
Autor práce	Bc. Lucie Matušová
Obor	N3441 Polygrafie
Rok obhajoby	2018
Vedoucí práce	Ing. Hana Holická, Ph.D.
Anotace	Práce je věnována vlastnostem vícevrstvé skládačkové lepenky. Obsahuje přehled typů lepenek a jejich zpracování. Ve druhé části se věnuje vlivu okolního prostředí na zpracovatelnost lepenek. Experimentální část probíhala ve firmě Roll4you, s.r.o., kde byly proměřovány vybrané vlastnosti skládačkové lepenky používané pro balení cigaretových papírků. Vyhodnocoval se vliv těchto vlastností na průchod výseků balicí linkou.
Klíčová slova	Vícevrstvé skládačkové lepenky, výseky, odolnosti vůči ohybu, chromonáhraha