

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

**Adheze laminačních fólií k elektrofotografickým
tiskům**

Michaela Šrámková

Diplomová práce

2022

University of Pardubice
Faculty of Chemical Technology

**Adhesion of laminating foils to electrophotographic
prints**

Michaela Šrámková

Diploma thesis

2022

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Michaela Šrámková**
Osobní číslo: **C20523**
Studijní program: **N0531A130013 Polygrafie**
Téma práce: **Adheze laminačních fólií k elektrografickým tiskům**
Zadávací kategorie: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

1. Na základě studia odborné literatury se podrobně seznámte s problematikou laminace tiskovin (principy, používané materiály, ovlivňující faktory, defekty vznikající při laminaci apod.) a elektrografickým tiskem.
2. Zajištěte tisk vzorků různými elektrografickými digitálními tiskovými zařízeními a vzorky laminujte rozdílnými laminačními fóliemi.
3. U laminovaných vzorků hodnotte kvalitu laminace a adhezi laminační fólie k tiskovině v závislosti na rychlosti laminace a čase od laminace.
4. Dosažené výsledky analyzujte a souhrnně zpracujte ve formě závěrečné písemné práce.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Bohumil Jašúrek, Ph.D.**
Katedra polygrafie a fotofyziky

Oponent diplomové práce: **Ing. Jan Řezáč**

Datum zadání diplomové práce: **28. února 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **6. května 2022**

L.S.

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

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

V Pardubicích dne 28. února 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Adheze laminačních fólií k elektrofotografickým tiskům 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., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, 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. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 4. 2022

Michaela Šrámková, v. r.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat vedoucímu této práce, Ing. Bohumilu Jašúrkovi, Ph.D., za odborné vedení, pomoc, konstruktivní rady a připomínky. Dále bych ráda poděkovala panu Ing. Janu Řezáčovi za pomoc, ochotu a odborné rady při laminaci. Také bych chtěla poděkovat firmě Komfi spol. s r. o., která mi poskytla nejen laminační fólie, laminovací stroj, ale také místo pro testování spolu s Peel testerem. V neposlední řadě bych ráda poděkovala všem firmám, které mi poskytly testovací vzorky. Velké díky také patří mé rodině a příteli za podporu a pomoc během studia.

Diplomová práce vznikla za podpory projektu Modernizace praktické výuky a zkvalitnění praktických dovedností v technicky zaměřených studijních programech, reg. číslo CZ.02.2.67/0.0/0.0/16_016/0002458 operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání. Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



ANOTACE

Cílem této diplomové práce bylo hodnotit kvalitu laminace a adhezi laminační fólie k elektrofotografickým tiskům v závislosti na rychlosti laminace a časovém odstupu od laminace. Práce obsahuje popis použitých potiskovaných substrátů, tiskových barev a tiskových technik. Dále jsou v práci popsány faktory ovlivňující kvalitu laminace a způsoby hodnocení kvality laminace. Pro tuto práci byly vybrány dvě laminační fólie (PKCOO BOPP Thermal Laminating Film a Derprosa™ Matte Premier), dvě rychlosti laminace (10 m/min a 20 m/min), jedna aplikační teplota (120 °C) a jeden tlak (400 kPa). Adheze laminační fólie byla hodnocena Peel testerem. Hodnoceny byly hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie v časech 1 hodina, 24 hodin a 14 dní po laminaci. Kvalita laminace po testu rýhování a ohybu byla hodnocena subjektivně v různých časových intervalech. Dále se hodnotila barevná změna jednotlivých tiskovin po laminaci pomocí barvové odchylky, a to hodinu po laminaci a 14 dní po laminaci.

KLÍČOVÁ SLOVA

adheze, laminovací fólie, elektrofotografie, peel test, kvalita laminace

TITLE

Adhesion of laminating foils to electrophotographic prints

ANNOTATION

The aim of this diploma thesis was to evaluate the quality of lamination and adhesion of lamination film to electrophotographic prints depending on the speed of lamination and the time interval from lamination. The work contains a description of the used printed substrates, printing inks and printing techniques. Furthermore, the work describes the factors influencing the quality of lamination and methods of evaluating the quality of lamination. Two laminating foils (PKCOO BOPP Thermal Laminating Film and Derprosa™ Matte Premier), two lamination speeds (10 m/min and 20 m/min), one application temperature (120 °C) and one pressure (400 kPa) were selected for this work. The adhesion of the laminating film was evaluated by a Peel tester. The weight values required to tear off the laminating film at times of 1 hour, 24 hours and 14 days after lamination were evaluated. The quality of the lamination after the creasing and bending test was evaluated subjectively at different time intervals. Furthermore, the color change of individual printed matter was evaluated by means of color deviation one hour after lamination and 14 days after lamination.

KEYWORDS

adhesion, laminating foil, electrophotography, peel test, lamination quality

OBSAH

Seznam obrázků.....	11
Seznam tabulek.....	13
Úvod	15
1 TEORETICKÁ ČÁST	16
1.1 Digitální tisk	16
1.1.1 Elektrofotografie	17
1.1.2 HP indigo	19
1.2 Tiskové barvy pro digitální tisk.....	21
1.2.1 Práškový toner	21
1.2.2 Kapalný toner	21
1.3 Papíry	22
1.3.1 Natírané dřevité papíry	23
1.3.2 Nenatírané dřevité papíry	23
1.3.3 Natírané bezdřevé papíry	24
1.3.4 Nenatírané bezdřevé papíry	24
1.3.5 Požadavky na kvalitu tiskových papírů pro elektrofotografii.....	24
1.4 Laminace	25
1.4.1 Technologie laminace.....	25
1.4.2 Laminovací folie	28
1.4.3 Faktory ovlivňující kvalitu laminace	29
1.4.4 Defekty laminace.....	30
1.4.5 Způsoby hodnocení kvality laminace.....	31
1.4.6 Norma ČSN EN ISO 11339 a norma ASTM D1876-08.....	33
1.5 Úprava volné povrchové energie	35
1.6 Způsoby měření volné povrchové energie pevných materiálů	37
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	38
2.1 Materiály	38
2.1.1 Kartony	38
2.1.2 Laminovací folie	39
2.2 Tiskové stroje a barvy	39
2.3 Přístroje.....	42
2.3.1 Spektrofotometr Konica Minolta FD-5	42
2.3.2 Fotoaparát Nikon D3100	42

2.3.3	Koronovací jednotka.....	42
2.3.4	Laminovací stroj Amiga 52.....	42
2.3.5	Peel tester	43
2.3.6	UV lakovací stroj Spotmatic 36.....	43
2.3.7	Rýhovací a perforovací stroj GPM 450 SA.....	43
2.3.8	Inkousty a fixy Arcotest na měření povrchového napětí	43
2.4	Postup měření.....	44
2.4.1	Testovací vzorek (arch).....	44
2.4.2	Průběh testování.....	45
2.4.3	Stanovení povrchového napětí.....	48
2.4.4	Nastavení Peel testeru	48
2.4.5	Měření změny barevnosti	49
2.4.6	Rýhování vzorků	50
3	Výsledky a diskuze.....	52
3.1	Profilace laminovacího stroje Amiga 52.....	52
3.2	Měření povrchového napětí vzorků.....	53
3.3	Adheze laminační fólie Derprosa™ Matte Premier.....	54
3.4	Adheze laminační fólie PKCOO BOPP Thermal laminating Film.....	61
3.5	Porovnání výsledků.....	65
3.6	Měření barvové odchylky $\Delta E^*_{a,b}$	66
3.7	Rýhování vzorků a odolnosti vůči ohybu.....	68
	Závěr	70
	Použitá literatura	73
	Přílohy.....	79

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Tiskové techniky [2].....	16
Obrázek 2: Princip elektrofotografie [3]	17
Obrázek 3: Schéma tiskové jednotky stroje HP Indigo [7].....	20
Obrázek 4: Porovnání vrstev tiskových barev inkjetu, elektrofotografie a HP Indigo [8]	21
Obrázek 5: Části kapalného toneru ElectroInk [8].....	22
Obrázek 6: Princip rolové laminace za tepla [1]	26
Obrázek 7: Princip suché laminace za studena [1]	27
Obrázek 8: Princip mokré laminace za studena [17]	28
Obrázek 9: Typy peel testů 90°, 180° a „T“ [24].....	32
Obrázek 10: Testovací vzorek před a po řezání podle normy ČSN EN ISO 11339 (1- vzorek, který bude vyříznut, 2- testovací vzorek, 3- směr tahu odtrhu, a- spojená část vzorku, b- nespojená část vzorku) [25]	34
Obrázek 11: Testovací vzorek před a po řezání podle normy ASTM D1876-08 [26].....	34
Obrázek 12: Chování kapaliny na hladkém pevném povrchu [30].....	35
Obrázek 13: Testovací vzorek (arch)	45
Obrázek 14: Testovací vzorek (arch) s čísly pozic barevných proužků.....	47
Obrázek 15: Ukázka programu Peel Tester K-UG-02.....	48
Obrázek 16: Graf z programu Peel tester K-UG-02, který patří barvě zelené, proužku č.2 z prvního archu s laminační fólií PKCOO BOPP, z tiskového stroje Canon imagePRESS C710 testovaný 1 hodinu po laminaci.....	49
Obrázek 17: Vzorky po rýhování s přiřazeným stupněm poškození uvedeným v Tabulce 2	51
Obrázek 18: a) vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem (vpravo) i bez (vlevo) testované 1 hodinu po laminaci b) vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru testované zleva 1 hodinu po laminaci, prostřední 24 hod po laminaci a zprava 14 dní po laminaci c) vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez	

primeru s upraveným povrchovým napětím koronovým výbojem testované zleva 1 hodinu po laminaci, zprava 24 hod po laminaci..... 55

Obrázek 19: Vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem (vlevo) i bez (vpravo) testované 1 hodinu po laminaci..... 62

Obrázek 20: Vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru testované zleva 1 hodinu po laminaci, uprostřed 24 hod po laminaci a zprava 14 dní po laminaci 62

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Typické hodnoty povrchového napětí polymerních materiálů bez povrchové úpravy (při teplotě 20 °C) [1]	36
Tabulka 2: Škála pro hodnocení kvality rýhování laminovaných vzorků a odolnosti vůči ohybu	50
Tabulka 3: Povrchové napětí jednotlivých vzorků před úpravou koronovým výbojem a po jeho úpravě.....	53
Tabulka 5: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie Derprosa™ Matte Premier pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 20 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)	56
Tabulka 4: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie Derprosa™ Matte Premier pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)	56
Tabulka 6: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie Derprosa™ Matte Premier pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny barevné proužky barev CMYK).....	58
Tabulka 7: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie Derprosa™ Matte Premier pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny barevné proužky barev červené, modré, přetiskové černé a proužek s různými odstíny barev).....	60
Tabulka 8: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie PKCOO BOPP pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)	63
Tabulka 9: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie PKCOO BOPP pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 20 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)	63

Tabulka 10: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie PKCOO BOPP od vzorků upravených UV zářením pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)	64
Tabulka 11: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie PKCOO BOPP od jednotlivých nepotištěných kartonů, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku.....	65
Tabulka 12: Barvová odchylka $\Delta E^*_{a,b}$ jednotlivých vzorků s laminovací fólií PKCOO BOPP při rychlosti laminace 10 m/min	67
Tabulka 13: Barvová odchylka $\Delta E^*_{a,b}$ jednotlivých vzorků s laminovací fólií Derprosa™ Matte Premier při rychlosti laminace 10 m/min.....	67
Tabulka 14: Hodnocení kvality rýhování a ohybu v místě rýhy jednotlivých vzorků s laminovací fólií Derprosa™ Matte Premier (black značí přetiskovou černou barvu)	69
Tabulka 15: Hodnocení kvality rýhování a ohybu v místě rýhy jednotlivých vzorků s laminovací fólií PKCOO BOPP (black značí přetiskovou černou barvu).....	69
Tabulka 16: Hodnocení kvality rýhování a ohybu v místě rýhy jednotlivých nepotištěných kartonů s laminovací fólií PKCOO BOPP při rychlosti laminace 10 m/min.....	69

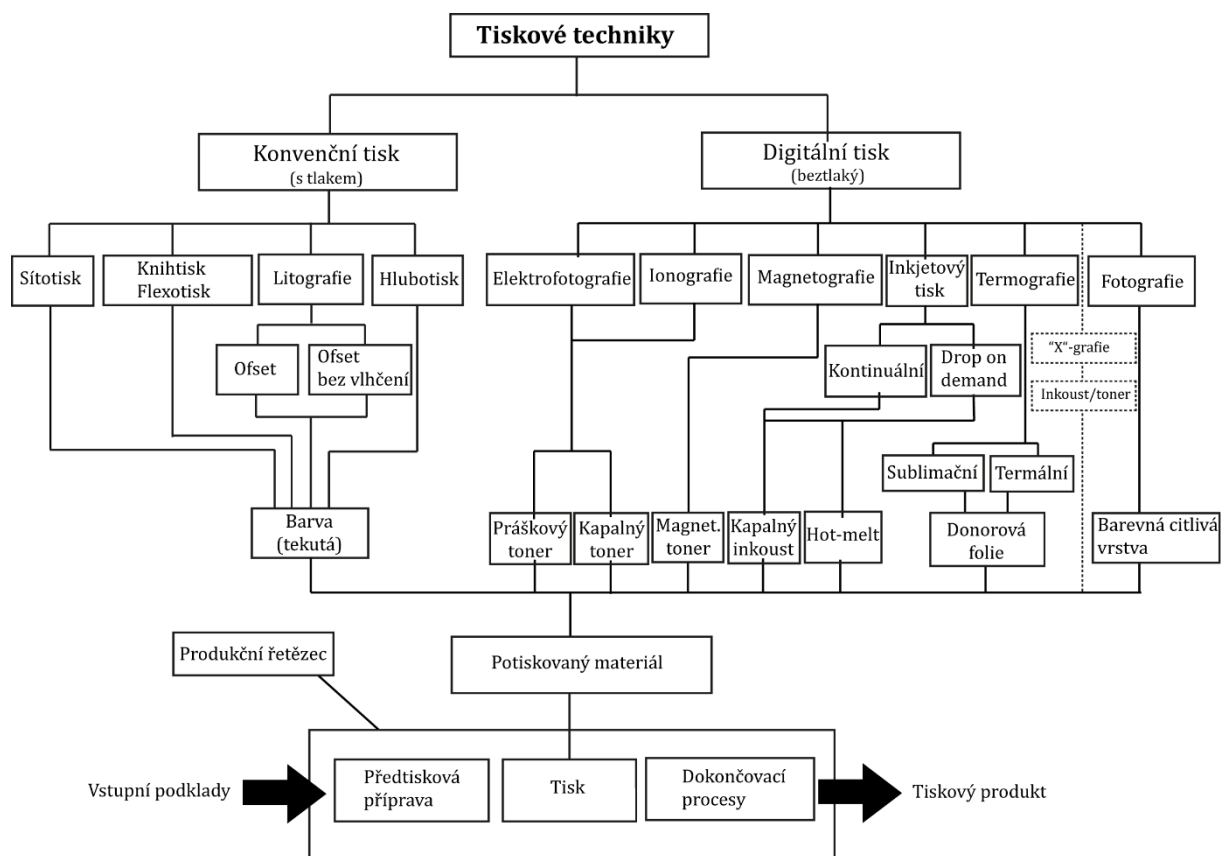
ÚVOD

Zušlechťování tiskovin je řada technologických postupů, které vedou ke zlepšení vlastností tiskovin a zvýšení jejich estetické úrovně. Mezi zušlechťování patří i laminace. Tenká polymerní fólie opatřená vrstvou lepidla chrání tiskovinu vůči vnějším vlivům i opotřebování. Na trhu je celá řada laminačních fólií, které se snaží svými vlastnostmi pokrýt co možná nejvíce tiskových technologií. Většina z nich však garantuje dobrou kvalitu laminace pouze pro některé tiskové technologie a zejména pro konvenční technologie jako je ofsetový tisk, flexotisk apod. Obecně problematické je pak laminování digitálních tisků. Hodnocení kvality laminace je široké, protože na kvalitu laminovaného materiálu má vliv hned několik faktorů (mechanické namáhání, adheze materiálu k laminační fólii, změna barevnosti, povrchové napětí tiskoviny, typ barvy a lepidla, tloušťka barvové vrstvy, drsnost povrchu laminovaného substrátu apod.). Důležitou roli v laminaci hraje správný výběr laminační fólie k dané tiskové technologii, nastavení tlaku, aplikační teploty a rychlosti laminace. Tato diplomová práce pojednává o laminaci elektrofotografických tisků. Cílem této diplomové práce bylo hodnotit kvalitu laminace a adhezi laminační fólie k elektrofotografickým tiskům zejména v závislosti na rychlosti laminace a čase od laminace.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Digitální tisk

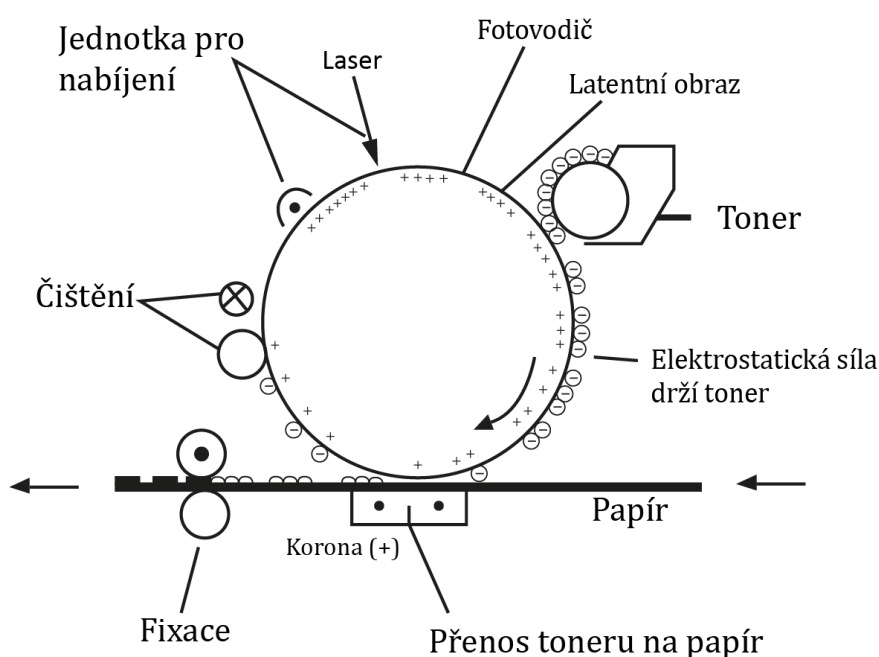
Digitální tiskové techniky na rozdíl od konvenčních tiskových technik nevyžadují výrobu tiskové desky. Tisk probíhá přímo z digitálních podkladů, které jsou digitálně přeneseny do tiskového stroje. Pro tento tisk se používá označení tzv. beztlaký tisk, protože digitální tisk nevyužívá k přenosu tiskové barvy na potiskovaný materiál tlak [1]. Mezi přednosti digitálního tisku patří možnost okamžitého tisku, efektivní tisk malých nákladů, snadná opakovatelnost zakázky, digitální workflow tiskové zakázky, personalizace dat apod. [1]. Rozdělení digitálního tisku na jednotlivé tiskové techniky je znázorněno na Obrázku 1. Dále jsou na tomto obrázku uvedeny konvenční tiskové techniky, jako je sítotisk, flexotisk, hlubotisk apod.



Obrázek 1: Tiskové techniky [2]

1.1.1 Elektrofotografie

Jedná se o digitální tiskovou techniku známou také pod pojmem laserový tisk. Pro přenos obrazu se používá válec s fotovodivou vrstvou. Ve tmě se tento válec chová jako nevodič a po absorbování záření se stává vodivým [1]. Princip elektrofotografie je znázorněn na Obrázku 2. Nejprve je fotovodivý válec nabit v nabíjecí jednotce. Následuje vybití netisknoucích míst osvitem a tím dojde k vytvoření latentního obrazu na fotovodivém válci. Latentní obraz je vyvolán pomocí toneru. Toner je přenesen na potiskovaný materiál, kde dojde k jeho zafixování teplem. Následuje odstranění latentního obrazu mazací jednotkou. Zbytky toneru jsou odstraněny v čistící jednotce.



Obrázek 2: Princip elektrofotografie [3]

Jednotlivé fáze tiskového procesu:

1. Nabíjení obrazového válce
2. Tvorba latentního obrazu
3. Vyvolání latentního obrazu
4. Přenos obrazu na potiskovaný materiál
5. Zafixování toneru na potiskovaný materiál
6. Odstranění zbytkového náboje a čištění zbytků toneru

Jednotlivé fáze elektrofotografického tisku jsou popsány v Moderní polygrafii [1] následovně.

1. Nabíjení obrazového válce

Obrazový válec je nabit koronovým výbojem při konstantním otáčení válce. Na povrchu válce je vrstva fotovodivého materiálu, nejčastěji jde o slitiny selenu, např. As_2Se_3 . Tento materiál umožňuje dobré nanášení a snadné odstranění toneru. Nabíjecí jednotka je tvořena elektrodou, která je z tenkého pozlaceného wolframového vlákna a umístěná v uzemněném krytu. Na elektrodu je přivedeno napětí, jakmile překročí určitou hodnotu kilovoltů dojde ke koronovému výboji (ionizaci okolního vzduchu) a náboj je přenesen směrem k povrchu fotovodivého válce, který slouží jako protielektroda. Nabíjecí jednotka může být pozitivní (tj. fotovodivý materiál je kladně nabit) nebo negativní (tj. fotovodivý materiál je záporně nabit), v závislosti na použitém fotovodivém materiálu. Pro tiskové zařízení s vysokou rychlostí tisku se využívá nabíjecí jednotka s více elektrodami v sérii a tím se zvýší homogenita rozložení náboje.

2. Tvorba latentního obrazu

Latentní obraz získáme odstraněním el. náboje osvitom v určitých místech, k exponování obrazu na obrazový válec dochází za pomoci fokusovaných paprsků generovaných zobrazovací jednotkou dle tiskových podkladů. Dříve se jako zdroj záření využíval HeNe laser. Nyní jsou používány lasery, laserové diody a LED (světlo emitující diody). LED jsou uspořádány v jedné řadě tak, že každá LED odpovídá jednomu tiskovému bodu, toto uspořádání předchází možné deformaci obrazu, ke kterému dochází při použití laseru (jedná se o tzv. laserový třas). Použitím LED můžeme regulovat intenzitu záření a tím ovlivnit úroveň světlosti elementárního tiskového bodu.

3. Vyvolání latentního obrazu

Latentní obraz je vyvolán za pomoci elektrostaticky nabitých částic toneru. Existují dva druhy způsobů vyvolání latentního obrazu. První způsob se označuje jako DAD (Discharged Area Development), zde jsou vyvolaná místa, která byla vybita osvitom. Druhý způsob se označuje jako CAD (Charged Area Development), toner je zde přenesen na nabitá neosvícená místa. Ve vyvolávací jednotce dochází ke smísení toneru s nosičem (více o toneru viz. 1. 2. 1. Práškový toner) kde nosič je kulovitá částice z feromagnetického materiálu (např. ocel, železo). Vzájemným třením dochází ke vzniku triboelektrického náboje. Nabité tonerové částice jsou přitaženy elektrostatickými silami k latentnímu obrazu, a tím dojde k vytvoření tzv. tonerového

obrazu. Příliš malý náboj způsobuje špinění netisknoucích míst, naopak příliš vysoký náboj způsobí nedostatečné vyvolání obrazu.

4. Přenos obrazu na potiskovaný materiál

Vyvolaný obraz lze přenést na potiskovaný materiál různými způsoby jako je využití elektrostatického pole, mechanického přenosu v případě adhezivního toneru, teploty atd. [4] Toner je přenášen na potiskovaný materiál nejčastěji pomocí metody elektrostatického pole [1]. V přenosové jednotce dochází koronovým výbojem k nabíjení rubové strany potiskovaného materiálu opačným nábojem, než který mají částice toneru [1]. K přenosu může být použit tlak či nikoli. K přenosu provedeného bez použití tlaku, kterému se také věnuje ve své disertační práci Al-Rubaiey [4], dochází přes úzkou mezeru vzduchu, kde částice toneru přeskakují přes tuto mezeru díky elektrostatickým přitažlivým silám. Typ přenosu se nazývá „jumping transfer“ a je ovlivňován velikostí částic toneru, aglomerací toneru, drsností papíru apod.

5. Zafixování toneru na potiskovaný materiál

Přenesený toner na potiskovaný materiál je zapotřebí zafixovat teplem, případně tlakem. Při teplotě 120–160 °C dojde k tavení polymeru, který tvoří kolem 80 % toneru, jednotlivé částice toneru se propojí a vytvoří celistvou tenkou vrstvu, která je pevně fixována k povrchu potiskovaného materiálu. Bezkontaktní zahřívání je realizováno infračerveným zářením nebo výbojkou. Při kontaktním způsobu je toner fixován průchodem mezi zapékačím a tlakovým válcem. Na povrch zapékačeho válce je nanášen silikonový olej, aby toner nezůstával na válci.

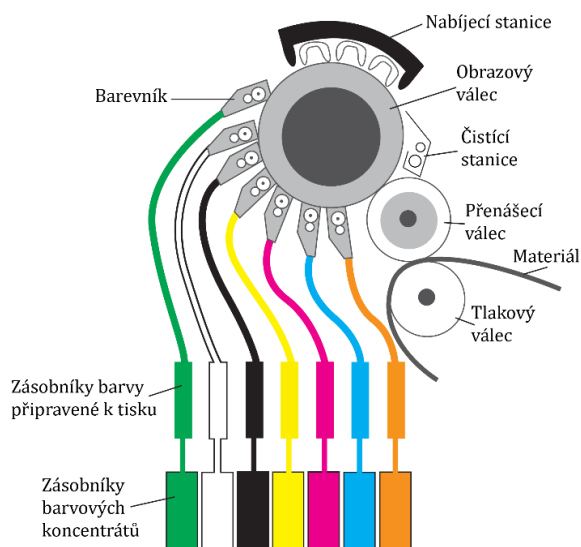
6. Odstranění zbytkového náboje a čištění zbytků toneru

Mazací jednotkou je pomocí koronového výboje vyvolaného střídavým napětím přivedeným na elektrodu odstraněn zbylý latentní obraz. Zbytky toneru jsou mechanicky odstraněny v čisticí jednotce. Tímto je cyklus dokončen, tj. vrátil se do výchozího stavu a je připraven k dalšímu tisku.

1.1.2 HP indigo

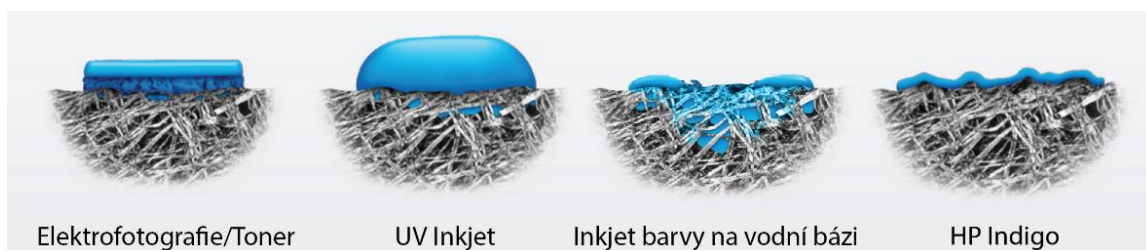
Jedná se o specifickou elektrofotografickou tiskovou technologii podobající se ofsetovému tisku. Tiskové stroje HP indigo nepoužívají práškový toner, ale kapalný toner tzv. ElectroInk, kde je směs tonerových částic o průměru 1–2 μm rozptýlených v nevodivé transportní kapalině [1]. Záznamová hustota je 800 dpi [5]. HP Indigo využívá k přenosu

barvy vyhřívány ofsetový válec [6]. Princip technologie HP Indigo je popsán v Technologii polygrafické výroby [7]. Povrch obrazového válce je vyčištěn v čistící jednotce a pak elektricky nabit v nabíjecí jednotce. Dále je povrch válce vybit pomocí laseru v místech tiskového motivu (dojde k vytvoření latentního obrazu). Obrazový válec se otáčí a na jednotlivé barevné separace se z barevníků nanáší barva. Barva je nanesena na vybitá místa obrazového válce. Barva je před tiskem smíchána v určitém poměru s minerálním olejem. Po vytvoření separace dojde ke kontaktu obrazového válce s přenášečím válcem, který má podobný povrch jako ofsetový potah, a tím dojde přenosu barvy. Přenášečí válec je vyhříván a tím dojde k odpaření minerálního oleje (ten je zachycený v destilační jednotce a znovu použit) a k částečnému roztavení částic barvy. Barva je přenesena na potiskovaný materiál mírným tlakem a dále napomáhá přenosu i lepivost barvy. Schéma této tiskové jednotky stroje HP Indigo je vyobrazena na Obrázku 3. Rozlišujeme dva typy procesu přenosu. U vícenásobného procesu přenosu se tento proces opakuje pro každou barevnou separaci [6]. U jednorázového procesu přenosu jsou všechny barevné výtažky na ofsetovém válci nanесeny najednou a až poté dojde k přenosu všech barev na potiskovaný materiál (tento typ je vhodný např. pro materiály citlivé na teplo) [6].



Obrázek 3: Schéma tiskové jednotky stroje HP Indigo [7]

Jednou z výhod této technologie je tenká vrstva inkoustu, která kopíruje povrch materiálu viz Obrázek 4 [8]. Dalšími výhodami jsou tisk s vysokým plošným pokrytím, vysoká rychlost a kvalita tisku, možnost potisku různých druhů materiálů a široká škála tiskových barev [8]. Kvalita tisku a tloušťka vrstvy je srovnatelná s ofsetovým tiskem [1].



Obrázek 4: Porovnání vrstev tiskových barev inkjetu, elektrofotografie a HP Indigo [8]

1.2 Tiskové barvy pro digitální tisk

Tisková barva slouží k přenosu informace z tiskové formy/digitálních dat na potiskovaný materiál. Na tiskové barvy je kladen důraz, co se týče viditelnosti informace po celou dobu životnosti dané tiskoviny [1]. Složení barev a způsob zasychání je odlišný pro každou tiskovou techniku. Pro přenos barvy se u jednotlivých digitálních technik používají různé principy jako například elektrická síla, magnetická síla, tlak apod. Mnoho digitálních tiskových technik využívá tonery. Tonery rozlišujeme kapalné či práškové.

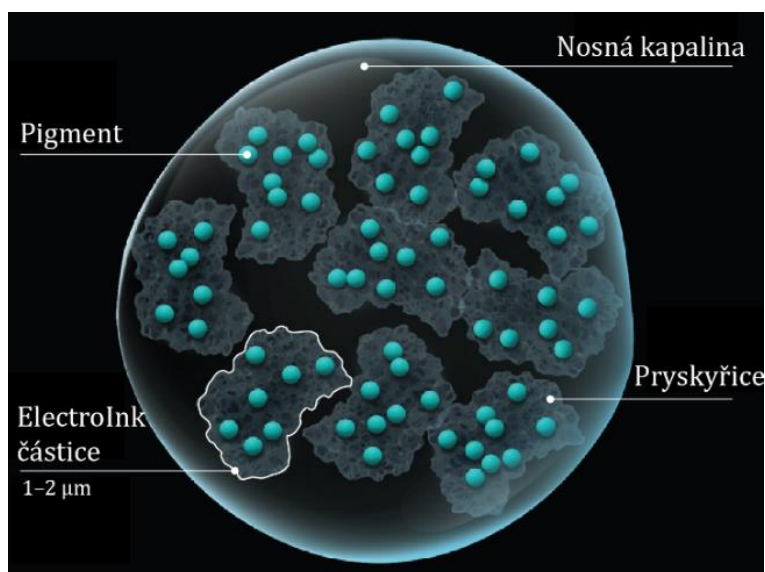
1.2.1 Práškový toner

Práškový toner je složen obvykle z 80–90 % hm. pojiva, 5–15 % hm. pigmentu a 1–3 % hm. příměsí, které ovlivňují např. velikost náboje [1]. Pojivem tonerů může být například polyester [9]. Polyesterový toner má několik výhod, jako je schopnost rychlého nabíjení a nízkoteplotní fixace [10]. V minulosti byly součástí tonerů i jiné druhy plastů, jako například kopolymer styren-akrylát. Tento druh plastu však nevyhovoval díky jeho prokázané toxicitě pro lidský organismus [10]. Součástí toneru mohou být i aditiva, jako je například polypropylenový vosk, který zamezuje částicám polyesteru lepit se na zapékací jednotku digitální tiskárny [9]. Aditiva obecně zlepšují přenos, usnadňují čištění povrchu fotovodivého válce, prodlužují životnost vyvolávací směsi apod. [1]. Při výrobě toneru dochází k míchání komponent toneru, homogenizaci, zvláčňování a mletí. Velikost částic se pohybuje v rozmezí 5–15 μm [1]. Čím jemnější tonerový prášek, tím vyšší kvalita tisku [9].

1.2.2 Kapalný toner

Kapalný nebo také tekutý toner (technologie HP Indigo) je tvořen disperzí pigmentů, aditiv a polymerů v elektricky nevodivé kapalině (olej) [1]. Výsledná tloušťka barvé vrstvy je menší než 3 μm [1]. Tekutý toner je využíván v digitálních tiskárnách pro potisk

široké škály natíraných papírů [11]. Oproti suchému toneru může u tekutého toneru docházet k vyššímu riziku rozmazání výtisku při vyšší rychlosti tisku, z důvodu nedostatečné doby zaschnutí. U kapalného toneru je potřeba, aby toner penetroval do potištěného materiálu [11]. Technologie HP Indigo využívá kapalný toner s názvem ElectroInk [1]. ElectroInk obsahuje velmi malé částice pigmentu (asi 1–2 μm) v nosné kapalině [8]. Pigmenty jsou zapouzdřeny v pryskyřici (viz Obrázek 5) [8]. Elektrická pole řídí jejich umístění na obrazové desce, což vede k obrazům s vysokým rozlišením [8]. Díky této struktuře není disperze pigmentu a nabíjení částic prakticky závislé na pigmentu [8]. ElectroInk se dodává jako koncentrovaná pasta v kazetách [12]. Uvnitř tiskového stroje je kapalný toner přiváděn do nádrží pro zásobování tiskovou barvou, kde je zředěn olejem, aby se vytvořila tekutá směs nosné kapaliny a částic barvotvorné látky připravená k tisku [12]. Míchání se provádí automaticky, výsledkem je stabilní tisková barva s téměř konstantními fyzikálními vlastnostmi vedoucími ke konzistentním výtiskům [12]. Technologie HP Indigo má širokou škálu barev, kromě základních barev pro tisk (azurová, purpurová, žlutá a černá), využívá například primer, fluorescentní barvy, transparentní bílou, barvy se zvýšenou odolností proti vyblednutí apod. [8].



Obrázek 5: Části kapalného toneru ElectroInk [8]

1.3 Papíry

Nejčastěji používaným potiskovaným materiálem v polygrafii je papír. Tiskové papíry (do 150 g/cm^2), kartony (od 150 do 250 g/cm^2) či lepenky (nad 250 g/cm^2) svými vlastnostmi ovlivňují tiskový proces i konečnou kvalitu tisku [13]. K dosažení vysoké kvality tisku je třeba znát základní informace o technologii výroby papíru, která ovlivňuje funkční

vlastnosti a jsou důležité pro volbu správného typu papíru pro jednotlivé tiskové techniky a výběru vhodné tiskové barvy. Papíry se dělí do čtyř základních skupin, jako jsou natírané dřevité papíry, nenatírané dřevité papíry, natírané bezdřevé papíry a nenatírané bezdřevé papíry [1]. Rozdělení do skupin je podle vláknového složení a úpravy povrchu[1]

1.3.1 Natírané dřevité papíry

Do této skupiny patří velmi lehce natírané papíry, lehce natírané papíry a středně natírané papíry. Velmi lehce natírané papíry (Ultra-Light Weight Coated, ULWC) mají plošnou hmotnost 48 g/m² a nižší a jsou zejména vhodné pro hlubotisk [13]. Používají se pro tisk katalogů a časopisů [1]. Lehce natírané papíry (Light Weight Coated, LWC) jsou dřevité s vysokým podílem lignifikovaných vláken (40–70 %), o plošné hmotnosti 51–70 g/m² [13]. Jsou natírané jak v papírenském stroji, tak v separátním zařízení a plošná hmotnost nátěru je v rozmezí 5–15 g/m² [13]. Používají se v kotoučovém hlubotiskovém tisku a ofsetovém tisku pro tisk časopisů a katalogů [1]. Středně natírané papíry (Medium Weight Coated, MWC) s plošnou hmotností 80–150 g/m², jsou dvakrát oboustranně natírané, s plošnou hmotností nátěru 20 g/m². Tyto papíry jsou určeny pro archový a kotoučový tisk.

1.3.2 Nenatírané dřevité papíry

Do této skupiny se řadí tzv. superkalandrované papíry, superkalandrované pro hlubotisk, superkalandrované pro ofset, novinové papíry a papíry pro tisk telefonních seznamů a adresářů. Superkalandrované papíry (Super Calandered, SC) svou hladkostí a bělostí se velmi blíží kvalitě povrchu natíraných papírů s nízkým nánosem nátěrové vrstvy [13]. Plošná hmotnost je 40–80 g/m² [1]. Je několik tříd kvality pro kotoučový tisk jako je SC-A a SC-B, ty se liší obsahem plnidel a bělostí, SC-A+ je papír určený pro hlubotisk a SC-C je vysoce vylepšený novinový papír, který se používá pro tisk novinových příloh, časopisů, katalogů apod. [13]. Papíry pro hlubotisk (Super Calandered Rotogravure, SCR) obsahují více plnidel a mají tak vyšší bělost a hladkost [1]. Papíry pro kotoučový ofset (Super Calandered Offset, SCO) mají vyšší povrchovou pevnost a stupeň zaklížení než SCR [1]. Tento papír se používá pro tisk časopisů, může však docházet k prášení díky vláknité zanášce [13]. Novinové papíry obsahují vysoký podíl recyklované vlákniny, dřevoviny a minimální podíl buničiny [1]. Plošná hmotnost je 40–52 g/m² [1]. S velmi podobným složením jako novinové papíry se vyrábí papíry pro tisk telefonních seznamů a adresářů. Jejich plošná hmotnost je 28–60 g/m² [1].

1.3.3 Natírané bezdřevé papíry

Do této skupiny se řadí lehce natírané papíry, středně natírané papíry a silně natírané papíry. Lehce natírané papíry (Low Weight Coated, LoWC) jsou bezdřevou variantou LWC papírů [1]. Tento papír se používá pro kotoučový tisk knih, časopisů, katalogů apod. Středně natírané papíry (Medium Weight Coated, MWC) jsou bezdřevou variantou MWC papírů. Silně natírané papíry (Heavy Weight Coated, HWC) mají plošnou hmotnost 100–150 g/m² a jsou třikrát oboustranně natírané s plošnou hmotností nátěru 30 g/m² [1]. Tyto papíry umožňují tisk s vyšší hustotou sítě. Používají se pro archový tisk a tisk náročný na kvalitu (zprávy, prospekty, obálky časopisů apod.).

1.3.4 Nenatírané bezdřevé papíry

Do této skupiny patří ofsetové papíry, ceninové a bankovkové papíry, xerografické papíry, papíry pro inkjet a papíry pro tisk nekonečných formulářů a jsou popsány v knize Moderní polygrafie [1]. Ofsetové papíry jsou vyrobeny z buničiny, silně zaklížené a plněné s plošnou hmotností 55–150 g/m². Používají se pro archový i kotoučový tisk. Ceninové a bankovkové papíry mají ve složení i bavlněná vlákna a přídavek jiných vláken jako len, konopí, hedvábí. Tyto papíry obsahují ochranné prvky, sloužící k ochranně proti padělání, jako například vodoznak, fluorescenční vlákna apod. Xerografické papíry mají plošnou hmotnost 80–100 g/m² a mají tři třídy kvalit (A, B, C). Tyto papíry se používají do laserových a inkjetových tiskáren. Papíry pro inkjet mají plošnou hmotnost 70–80 g/m² a jejich povrch je upraven klížením a nánosem absorpční vrstvy, aby se zabránilo rozpítí inkoustu. Papíry pro tisk nekonečných formulářů se vyrábějí v bezdřevé tak ve dřevité variantě o plošné hmotnosti 55–100 g/m².

1.3.5 Požadavky na kvalitu tiskových papírů pro elektrofotografii

Pro jednotlivé tiskové techniky lze použít více druhů tiskových papírů, avšak měly by splňovat určité požadavky, které zajistí například bezproblémový průchod papíru tiskovým strojem. Touto problematikou se zabývají i skripta Tiskové papíry a jejich vlastnosti [13], kde jsou kvalitativní parametry papírů pro elektrofotografii rozděleny do dvou skupin, a to na parametry ovlivňující potiskovatelnost a parametry ovlivňující průchodnost papíru tiskovým strojem. Kvalitní papír pro elektrofotografii podle potiskovatelnosti a bezproblémové průchodnosti tiskovým strojem by měl vykazovat rovnoměrnou formaci, odpovídající pevnost a tuhost v tahu (při vyšší či nižší tuhosti dochází k ovlivnění potiskovatelnosti i zpracovatelnosti), dostatečnou opacitu, vysokou bělost, dostatečně hladký povrch pro dobrý přenos toneru (vyšší hladkost způsobuje

klouzáni archu), střední stupeň zaklížení, neprášivost (zanáší se fotoválec a dochází ke zhoršení přenosu toneru), nekrouktivost, rozměrovou stabilitu, sladěné elektrické vlastnosti (aby nedocházelo ke spojování archů a prášení při vyšším elektrostatickém náboji), příznivé hodnoty volné povrchové energie a optimální vlhkost (aby nedocházelo ke kroucení materiálu při vyšší vlhkosti nebo tvorbě statického náboje při nižší vlhkosti).

1.4 Laminace

Zušlechťování tiskovin je soubor technologických postupů jejíž cílem je zlepšení ochrany povrchu tiskoviny (například před poškozením) či zatraktivnění tiskoviny přidáním některých z estetických prvků jako jsou metalické folie, matnolesklé efekty apod. [14]. Mezi zušlechťování tiskovin patří i laminace. Laminace je proces, kdy se na povrch tiskoviny aplikuje tenká polymerní fólie. Polymerní fólie je spojena vrstvou lepidla s potiskovaným materiálem. Je důležité, aby lepidlo mělo dobrou adhezi k oběma typům materiálu, dále také musí být průzračné, pružné a nesmí reagovat s barvou na tiskovině [1]. Používají se tavná lepidla, lepidla aktivovaná tlakem (tzv. samolepicí), vodou ředitelná disperzní lepidla nebo lepidla aktivovaná UV zářením [1]. Dle technologie rozlišujeme laminaci za tepla, za studena a s využitím UV záření. Tenká polymerní vrstva (fólie) chrání tiskovinu před mechanickým poškozením (např. poškrábání), vnějšími vlivy jako je vlhkost a světlo a prodlužuje životnost tiskoviny.

1.4.1 Technologie laminace

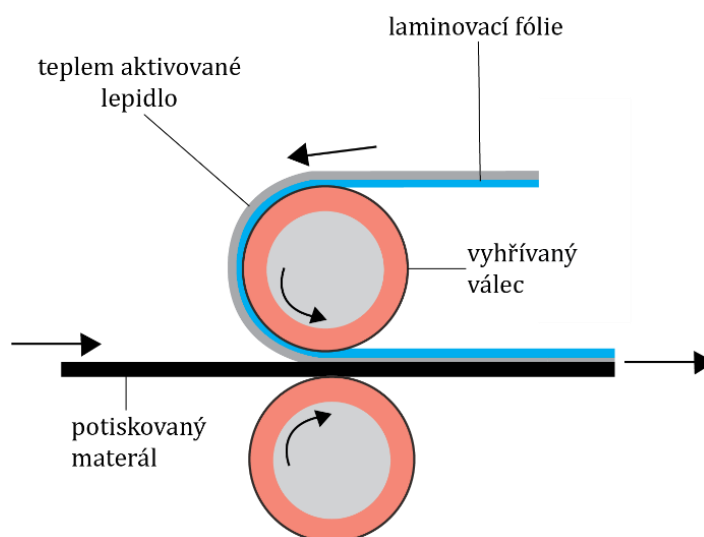
Rozlišujeme dle technologie laminaci za studena, za tepla a s využitím UV záření.

Laminace za tepla nebo také termolaminace využívá laminovací folii opatřenou vrstvou lepidla reagující na zvýšenou teplotu, jedná se o tzv. tavné lepidlo [15]. Laminace se provádí za vysoké teploty v rozmezí 90 až 120 °C a tlaku [16]. Díky tomuto fyzikálnímu namáhání lze laminovat materiály s plošnou hmotností vyšší než 90 g/m² [16]. Pro laminaci za tepla se používají folie z termoplastů PA, PE, PET, PP (více viz kap. 1. 4. 2.) nejčastěji o tloušťce 25 μm pro lesklé a 30 μm pro matné provedení, z toho je asi 13–15 μm lepidla [1]. Tavná lepidla jsou termoplastické materiály, které jsou při pokojové teplotě v pevném stavu a neobsahují vodu ani organická rozpouštědla. Obvykle lepidla obsahují kopolymer ethylen-vinylacetátu (EVA), který dodává lepidlu houževnatost a pevnost v tahu, dále obsahuje termoplastickou pryskyřici, která umožňuje rychlé nanášení a dobré smáčení lepeného materiálu díky snížení viskozity lepidla při vyšší teplotě, a jako poslední vosky, které také snižují viskozitu za tepla, a zároveň pomáhají regulovat rychlost tvrdnutí lepidla [1].

Tavná lepidla charakterizují tři parametry [1]:

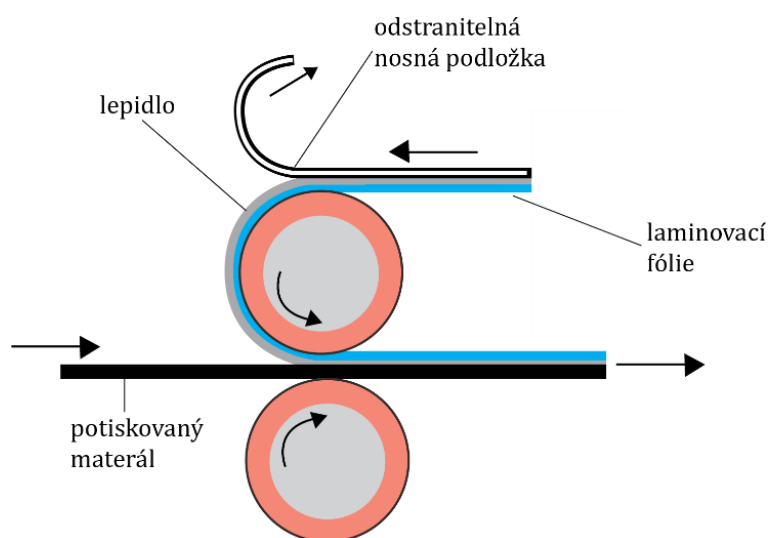
- bod měknutí – teplota, při kterém dojde k natavení lepidla (od 55 do 110 °C),
- otevřená doba – časový interval, ve kterém je možné provést kvalitní lepení (2–60 s),
- uzavírací doba – nejkratší doba potřebná ke vzniku kvalitního spoje (0,5–15 s), která limituje rychlost laminace.

Regulovat lze jen teplotu, tlak a rychlost laminace, množství lepidla je dané výrobcem folie [1]. Jedny z hlavních výhod této technologie laminace jsou rychlost, kdy po laminaci může hned následovat dokončovací zpracování, dále je možné kontrolovat kvalitu laminace hned po laminaci a také můžeme bez problému laminovat oboustranně [1, 15]. Nevýhodou jsou vyšší ekonomické náklady oproti jiným druhům laminace [16]. Laminovací stroje pro laminaci za tepla lze dělit podle formátu a výkonu na kapsové, rolové a průmyslové. Kapsové laminovací stroje slouží k oboustranné laminaci pomocí kapsy z laminovací folie, do které je vložen potiskovaný materiál. Formát je A6 až A2 a využívá se k úpravě vizitek, diplomů, průkazů apod. Rolové laminovací stroje používají teplem aktivované folie, které se odvíjejí z role na potiskovaný materiál. Folii lze zahřívat pomocí vyhřívaných válců, které se otáčejí společně s odvinovanou folií a potiskovaným materiálem, a současně vytvářejí potřebný tlak (viz Obrázek 6). Dále je možné využít vyhřívané pevné těleso se speciální povrchovou úpravou a za tímto tělesem jsou tlakové válce [1]. Průmyslové rolové laminovací stroje jsou používány v tiskárnách s vyšším výkonem. Rychlost laminace se pohybuje kolem 30 m za minutu [1]. Jsou jednostranné nebo oboustranné.



Obrázek 6: Princip rolové laminace za tepla [1]

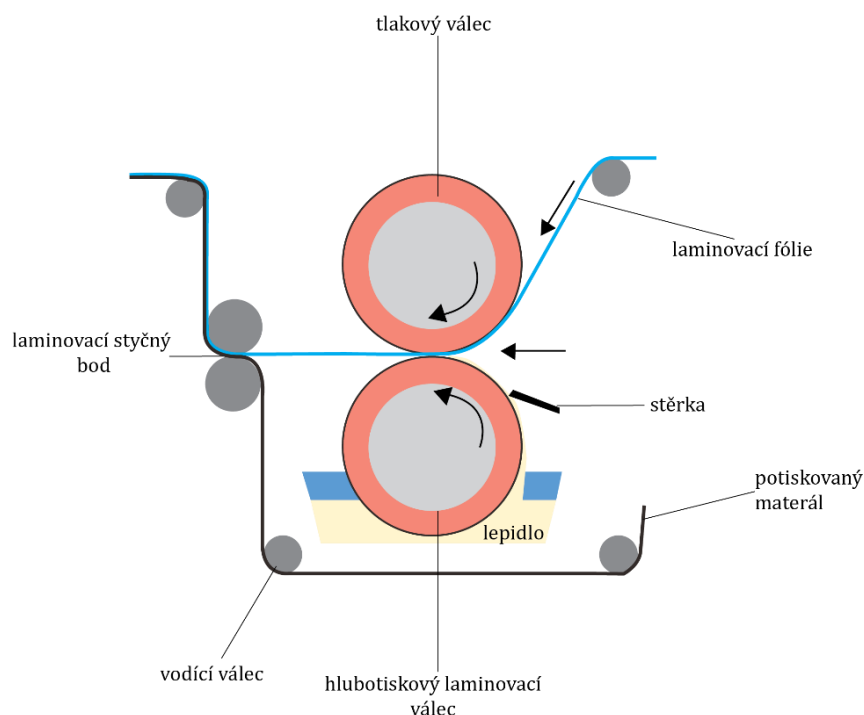
Laminace za studena může být zhotovena za sucha či za mokra [15]. Při suché laminaci dojde nejdříve k odstranění nosné silikonové podložky a následně je folie aplikována na potiskovaný materiál za pomoci tlaku nebo je jeden z válců temperovaný na 40 °C, což zlepší přilnavost folie [1]. Princip suché laminace za studena je naznačen na Obrázku 7. Používá se lesklá folie nejčastěji s tloušťkou 25 μm včetně lepidla a matné folie s tloušťkou cca 30 μm včetně lepidla [16]. Suchá laminace nám umožňuje laminovat potiskovaný materiál jednostranně i oboustranně s tloušťkou až 6 cm [1]. Nevýhodou tohoto typu laminace je časová náročnost a vyšší cena [16].



Obrázek 7: Princip suché laminace za studena [1]

Při studené laminaci za mokra se vodou ředitelné disperzní lepidlo nanese na válec ponořený ve vaně a z něj je lepidlo přeneseno na laminovací fólii, která se po válci odvíjí [1]. Nános lepidla dosahuje 12–14 g/m² [1]. Takto připravená a částečně předsušená fólie je aplikována na potiskovaný materiál za pomoci páru tlakových válců [1]. Princip mokré laminace za studena je naznačen na Obrázku 8. Používá se lesklá folie s tloušťkou 12 μm a matné folie s tloušťkou 15 μm [16]. Disperzní lepidlo se skládá ze syntetických makromolekul dispergovaných ve vodném prostředí, díky složení je lepidlo pokládáno za ekologicky přijatelné [1]. Když je lepidlo nanese dojde k odpaření vody a vytvoření polymerního filmu, který spojí fólii s potiskovaným materiálem [1]. Výhodou tohoto typu laminace je možnost regulovat množství nánosu lepidla dle typu potiskovaného materiálu [16]. Jednou z hlavních nevýhod tohoto principu laminace je dlouhá doba schnutí lepidla, která se pohybuje okolo 48 hod. S tím je spojená možnost laminace pouze jednostranně při jednom průchodu strojem, opožděné další zpracování materiálu a defekty laminace se

projeví až po úplném vyschnutí lepidla (tj. po 48 hodinách) [1, 16]. Obvykle se používají potiskované materiály s větší plošnou hmotností než 115 g/m², při nižších plošných hmotnostech dochází díky množství přijaté vody k deformaci potiskovaného materiálu (např. kroucení) [16]. Laminovací stroje tohoto typu principu lze rozdělit na menší stroje do formátu A2 a na rolové do šíře 1 m [1]. Provozní rychlost laminace je až 80 m za minutu [1].



Obrázek 8: Princip mokré laminace za studena [17]

Při laminaci s UV zářením je lepidlo nanášeno na potiskovaný materiál pomocí tisku z výšky (technologie knihtisku, flexotisku) [1]. Lepidlo se aktivuje UV zářením a na lepidlovou vrstvu se přitiskne laminovací fólie. Tento princip laminace se využívá pro parciální laminaci či aplikaci holografických fólií na obaly [1].

1.4.2 Laminovací fólie

Laminovací fólie jsou amorfní termoplasty, pokud možno homogenní z hlediska optických i mechanických vlastností [1]. Laminovací fólie se vyrábí v tloušťkách 10–40 μm a jsou dodávány v rolích [5]. Fólie může být dodána výrobcem s tenkou vrstvou tavného lepidla či samolepicí vrstvou, nebo se na fólii nanese tenká vrstva lepidla v laminovacím stroji [1]. Podle optických vlastností lze fólie dělit na lesklé, matné, polomatné, čiré, strukturované,

s barevným nebo perleťovým nádechem, opticky variabilní, holografické a metalizované [1, 16]. U mechanických a funkčních vlastností rozlišujeme parametry, ve kterých se fólie mohou lišit, jako odolnost vůči oděru, chemikáliím, zvýšené teplotě, UV záření, porozita, propustnost par, pevnost, pružnost, rozměrová stálost, nepropustnost vody apod. [1, 16]. Laminovací fólie jsou vyrobeny z termoplastů jako je polyethylentereftalát (PET), polyethylen (PE), polyamid (PA), polyvinylchlorid (PVC), polyvinylfluorid (PVF), polykarbonáty a biaxiálně orientovaný polypropylen (BOPP) [1]. BOPP je nejčastěji používaná fólie z důvodu dostupnosti a ceny [5]. Biaxiálně orientovaná polypropylenová fólie je natahována ve strojním i příčném směru, čímž vznikne orientace molekulárního řetězce ve dvou směrech [18]. Nejčastěji se vyrábí procesem napínacího rámu, kde se silná extrudovaná folie zahřeje na bod měknutí (nikoli bod tání) a mechanicky se natáhne o 300–400 % [18]. Napínání je obvykle v poměru 4,5:1 ve směru stroje a 8,0:1 v příčném směru [18]. BOPP fólie mají vyšší pevnost, průhlednost, elasticitu [5]. Nevýhodou je menší rozměrová stálost a nízká teplota tečení, díky ní při laminaci za tepla mohou fólie měknout a stávat se plastickými [1]. PET fólie jsou rozměrově stálé, teplota tečení je 200 °C, oproti PP mají vyšší životnost, avšak jsou dražší a méně čiré [1]. Pro ochranu tiskoviny v exteriéru se vyrábějí fólie, které obsahují UV stabilizátory (prodlužují životnost tiskoviny až na 4 roky) [1]. Pro speciální vzhled tiskoviny lze využít matnou PVC fólii s jemnou či hrubou strukturou nebo výraznou reliéfní strukturou (tloušťka fólie je cca 40 μm) [1]. Reliéfní strukturu na fólii lze také vytvořit přímo v laminovacím stroji, který je vybaven dezénovými válci (nejvhodnější jsou PP a PE fólie) [1]. Fólii je potřeba před její aplikací upravit například nánosem polyvinylidenchloridového (PVDC) laku, koronovým výbojem nebo případně jiným způsobem [5]. Úprava fólie je důležitá z důvodu zvýšení povrchové energie, a tím zlepšeného smáčení a dostatečné adheze, které jsou základním předpokladem kvalitní laminace [5]. Výrobci laminovacích fólií dodávají ke každé fólii technické údaje, které zahrnují například tepelnou odolnost, propustnost plynů a vody, lesk, povrchové napětí, rozmezí teplot tavení a doporučený interval laminovacích teplot [1].

1.4.3 Faktory ovlivňující kvalitu laminace

Na kvalitu laminace má vliv hned několik faktorů, jako je technologie a zařízení pro laminaci (laminovací stroj), dále typ laminovací folie, potiskovaný materiál, tisková barva, podíl potištěné plochy, tloušťka barvové vrstvy a technologie tisku [1]. Je důležité nastavit parametry jako je tlak, teplota a rychlost laminace pro konkrétní tiskovinu a vyzkoušet je. Při laminaci za tepla, způsobí nízká teplota zákal, a naopak vysoká teplota vytvoří bublinky v lepicí vrstvě, a dále může dojít ke změně odstínu barvy [1, 16]. Tiskové barvy by neměly obsahovat vosky, aby nedocházelo k reakci s lepidlem a tiskoviny se mohou

poprašovat (ofsetový tisk) pouze speciálním práškem [5]. Problém způsobují například metalické pigmenty, které způsobují díky tvaru a materiálu horší adhezi lepicí vrstvy [1]. Laminovaný materiál by měl být hladký a natíraný, aby nedocházelo k penetraci lepidla strukturou papíru na nelaminovanou stranu. Tisk musí být před laminací suchý (u ofsetového tisku nejméně 12 hodin) aby nedocházelo k interakci lepidla se zbytkovým rozpouštědlem, tím by došlo ke ztrátě lepivosti v daném místě [1]. Povrch tiskoviny by měl být zbaven částic prachu, protože v těchto místech dochází k neúplnému smáčení povrchu a vznikají vzduchové dutiny, kde dochází k rozptylu světla (jedná se o tzv. stříbření) [16]. Laminovací fólie by neměla být příliš napínána, po aplikaci by mohla mít tendenci relaxovat, což by způsobilo zvrásnění, delaminaci či jiné defekty [1]. Při jednostranné laminaci může napětí způsobit zkroucení archu. Adheze lepidla se mění s časem, obvykle se zlepšuje, proto by dokončovací zpracování mělo být provedeno až po určité době (minimálně jednu hodinu, nejlépe však přes noc) [1]. Tam kde je počáteční pevnost spoje slabá, může mechanická síla (např. řezání) způsobit defekty laminace. Dále také tupý nůž, hrubá manipulace či nevhodná kombinace laminovací fólie a tiskoviny může zapříčinit lokalizované napětí na hranách a následnou delaminaci [1].

1.4.4 Defekty laminace

Defekt laminace je nežádoucí závada, která vznikne na tiskovině a projeví se jak na vzhledu tiskoviny (např. barevná změna), tak v užitných vlastnostech (např. nedostatečná adheze) [1]. Jedním z defektů laminace je tvorba bublinek. Bubliny jsou způsobeny několika problémy jako je nedostatečné napnutí fólie, příliš vysoká teplota laminace na nedostatečně zaschlém tisku, prachové či jiné částice apod. [19]. Nedostatečné napětí způsobí bublinky tak, že se vzduch zachytí mezi filmem a potiskovaným materiálem díky nedostatečně napnuté fólii. Pokud se tiskovina začne zpracovávat dříve, než je tisk zaschnutý, může docházet vlivem tepla k tvorbě bublinek. Tomu lze zabránit nižší teplotou, upravit rychlost laminace na vyšší rychlost (vždy je potřeba použít vhodný tlak) nebo počkat, až barva dostatečně zaschne. Bublinky se také mohou tvořit, pokud lepidlo správně nelepí [19]. Důvodem může být opět špatně nastavená teplota, rychlost nebo tlak. Stříbření jsou bublinky, obvykle vznikající v okolí prachových či jiných částic a dochází zde k rozptylu světla vlivem rozdílného indexu lomu fólie, lepidla a vzduchu [1]. Příčinou může být zbytek poprašovacího materiálu, pokud není v lepidle rozpustný, nedostatečná nebo příliš nízká provozní teplota [20]. Stříbření je nejčastěji vidět na tmavých a černých plochách [19]. Ke krčení v lepicí vrstvě dochází při laminaci za mokra, pokud se použije k vyrovnání nerovností příliš velký nános lepidla [1]. Díky většímu nánosu lepidla může docházet k nerovnoměrnému zasychání a v důsledku mechanického pnutí pak vzniknou záhyby nebo krčení fólie. Orange peel nebo tzv. pomerančová kůra jsou velmi malé vrásky

nebo vlnky v laminátu. Důvodem je příliš vysoká teplota, kterou je třeba snížit [19]. Další defekty laminace jako obtahování, změna barevnosti, vrásnění a nedostatečná adheze jsou popsány v Moderní polygrafii [1]. K obtahování dochází u tiskových barev, které zasychají za pokojové teploty, povrchově se však rychle stabilizují. Laminace proces zasychání barvy zpomalí, a tím dojde k difundování barvy a rozpouštědla papírem na druhou nelaminovanou stranu (obtahování). U porézniých nedostatečně suchých výtisků může difundovat spolu s rozpouštědlem, barvou i lepidlo, což způsobí slepení archů ve stohu. Ke změnám barevnosti dochází vlivem interakce některých typů pigmentů tiskových barev s lepidlem. Pokud se potiskovaný materiál bude laminovat disperzním lepidlem, je potřeba použít barvy odolné vůči alkáliím, aby nedošlo k barevné změně. Při laminaci za tepla, může dojít k nárůstu tónové hodnoty díky zvětšení plochy tiskových bodů. Vrásnění vzniká nabobtnáním PP nebo PVC fólie v důsledku nedosušené těkavé barvy. Vrásnění se může projevit až po delší době. Pokud použijeme nesítující lepidlo, které má menší pevnost vazby, tak laminovací fólie zvětší svůj rozměr a přečnívá tak přes okraj potiskovaného materiálu. Důvodem nedostatečné adheze fólie k potiskovanému materiálu je nedostatečná smáčivost povrchu tiskoviny lepidlem, a to především v potištěných plochách, kvůli tomu se na povrchu tiskoviny nevytvoří dostatečně silná vrstva lepidla. Díky nízkému povrchovému napětí může dojít k lokální nebo celoplošné delaminaci. K delaminaci dochází tam, kde například není lepidlo nebo je jen slabá vrstva lepidla. U mokré laminace může být příčinou delaminace nerovnoměrná vrstva lepidla, které částečně penetrovalo do struktury potiskovaného materiálu. Dále může k delaminaci přispět změna teploty provázená rozpínáním či smršťováním fólie při skladování nebo přepravě.

1.4.5 Způsoby hodnocení kvality laminace

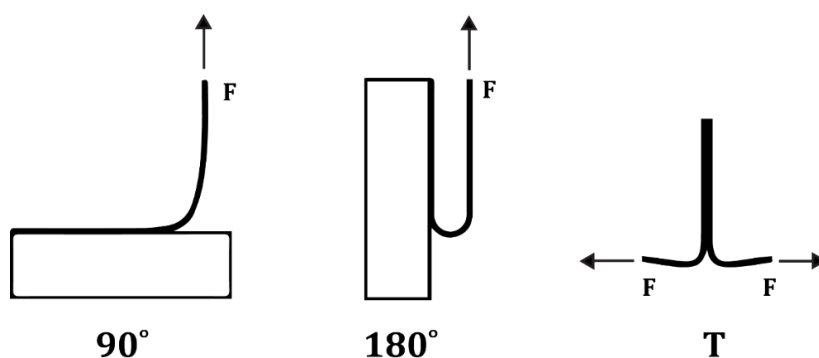
Kvalitu laminace lze hodnotit subjektivně nebo objektivně. K subjektivnímu hodnocení patří kontrola nedostatků, jako jsou bublinky, záhyby, stříbření, zkroucení substrátu apod. [5]. Dále také lze hodnotit kvalitu laminace pomocí rýhování, kdy se za pomoci rýhovacího stroje vytvoří rýhy v laminovaném materiálu a hodnotí se subjektivně míra delaminace či odskočení laminační fólie, nebo je potiskovaný materiál namáhán skládáním (ohýbáním) [21]. Jako objektivní metodu hodnocení kvality laminace lze považovat měření změny barevnosti po laminaci pomocí barvové odchylky $\Delta E^*_{a,b}$. Veličina $\Delta E^*_{a,b}$ hodnotí změnu jasu a odstínu. Tato veličina se počítá podle souřadnic L^* , a^* , b^* v barvovém prostoru CIE Lab, kde L^* je parametr měrné světlosti a je to vertikální osa. Horizontálními osami jsou a^* , která odpovídá barvě červené v kladné části a barvě zelené v záporné části, b^* odpovídá barvě žluté v kladné části a modré v záporné části. Barvová

odchylka je vzdálenost dvou barev v barvovém prostoru CIE Lab, kterou vypočítáme za pomoci rovnice:

$$\Delta E_{a,b}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

ΔL^* je rozdíl měrné světlosti měřeného a referenčního vzorku, Δa^* je rozdíl souřadnice a^* měřeného a referenčního vzorku, Δb^* je rozdíl souřadnice b^* měřeného a referenčního vzorku [5]. Čím je hodnota barvové odchylky vyšší, tím výraznější je barevný rozdíl. Veličiny L^* , a^* , b^* je možné změřit spektrofotometry.

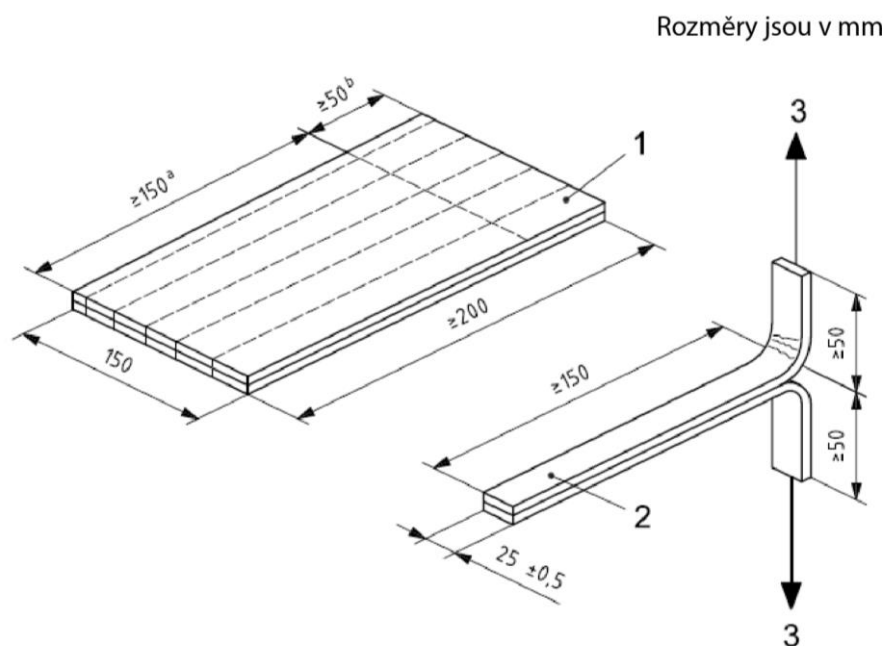
Dalším objektivním hodnocením kvality laminace je testování odlupování (tzv. Peel test). Tento test se provádí mezi dvěma materiály spojenými dohromady lepidlem (např. papír a laminační fólie). Obecně je cílem odlupovacího testu určit adhezi materiálu nebo pevnost adheze mezi dvěma materiály [22]. Tato pevnost v odlupování je vyjádřena jako zatížení potřebné k oddělení adheziva od substrátu na jednotku šířky spoje [23]. Nejběžnější typy odlupovacích testů pro měření adhezivní síly jsou T-peel, odlupování při 90° a 180° (viz Obrázek 9). T-peel test je typ tahového testu prováděného na dvou flexibilních substrátech, které byly spojeny dohromady a umístěny do odlupovacích testovacích úchytů tak, že jeden substrát se upne nahoru a druhý se upne dolů, zatímco lepená oblast vyčnívá vodorovně, takže celé nastavení tvoří tvar „T“ [22]. Test odlupování při 90° se provádí pro stanovení adhezivní síly mezi flexibilním a tuhým podkladem (deskou), kde deska leží vodorovně s uchopeným koncem pásky kolmo nahoru [22]. Test odlupování při 180° probíhá stejně jako u testu při 90°, jen je úhel odlupování 180°. Testovací stroj zaznamenává aplikovanou sílu a posunutí příčné hlavy, přičemž výsledky se obvykle zobrazují jako křivka síla/hmotnost ku posunutí. Aplikovaná síla/hmotnost je minimální síla/hmotnost potřebná k odloupení přilnavého materiálu od substrátu, zatímco posunutí je odpovídající délka odlupovaného přilnavého materiálu [23]. Výsledkem měření odlupování jsou hodnoty udávané v g/mm nebo N/mm [23].



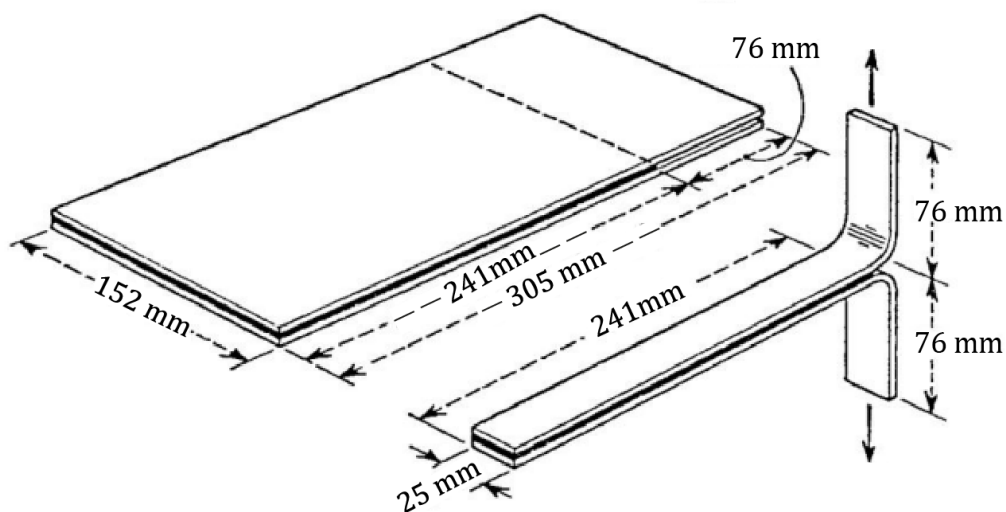
Obrázek 9: Typy peel testů 90°, 180° a „T“ [24]

1.4.6 Norma ČSN EN ISO 11339 a norma ASTM D1876-08

Existují dvě normy, které v určitých částech korespondují s peel testerem od firmy Komfi (použit v experimentální části této práce), a to norma ČSN EN ISO 11339 a norma ASTM D1876-08. Ve zdroji [25] je popsána norma ČSN EN ISO 11339. Tato norma je z roku 2010 a nahrazuje dokument EN ISO 11339:2005. Mezinárodní norma specifikuje T-peel test pro stanovení pevnosti odlupování lepidla, měření odlupovací síly spojené sestavy dvou pružných adheziv ve tvaru T. Tento zkušební postup neposkytuje informace o designu. Při T-peel testu je síla aplikována na nespojené konce vzorku. Úhel mezi spojovací linií a směrem působící síly není pevný. Adherendy se oddělují přibližně stejnou rychlostí od otevřeného okraje připraveného spoje, takže k oddělení dochází postupně podél spoje. Dle normy musí testovací zařízení na T-peel test být schopný udržovat předem stanovenou konstantní rychlost hlavy (preferovaná rychlost je 100 mm/min). Musí být opatřen vhodným samo vyrovnávacím úchytem pro držení vzorku. Rukojeť a nástavce musí být konstruovány tak, aby se po působení síly přesunuly do zákrytu se vzorkem. Testovací zařízení vytvoří záznam, který charakterizuje použitou sílu (N) k odlupování v závislosti na pohybu příčné hlavy (mm). Testovací zařízení musí umožňovat měření a záznam působící síly s přesností $\pm 2 \%$. Všechna zařízení musí být pravidelně kalibrována. Testovaný vzorek má mít šířku 25 mm nebo jinou vhodně zvolenou šířku, která bude uvedena v protokolu (viz Obrázek 10). Dva nespojené konce vzorků se upnou do svorek tak, aby byl vytvořen tvar T. Počet zkoušených vzorků nesmí být menší než pět. Výsledek by měla tvořit maximální, minimální a průměrná hodnota síly v newtonech na 100 mm délky vzorku, která je zapotřebí k oddělení adheziv, pro každý vzorek zvlášť. Průměrná síla se určí z křivky měrné závislosti nebo použitím jiných vhodných prostředků. Zdroj [26] uvádí normu ASTM D1876-08. Tato norma pojednává o standardní zkušební metodě pro odolnost lepidel při T-peel testu. Testovací zařízení by mělo mít konstantní rychlost odtrhu 254 mm/min při kolísavém zatížení. Dále by měl obsahovat vhodné úchyty, které pevně uchopí vzorek. Test je určen pro dva flexibilní materiály slepeny lepidlem. Pro každé lepidlo je potřeba otestovat minimálně 10 vzorků. Po prvních 127 mm (5 palců) testu se zjistí maximální a minimální hodnota síly potřebné k odloupení vzorků od sebe a vypočte se průměrná hodnota. Rozměry testovacího vzorku jsou vyobrazeny na Obrázku 11.



Obrázek 10: Testovací vzorek před a po řezání podle normy ČSN EN ISO 11339 (1- vzorek, který bude vyříznut, 2- testovací vzorek, 3- směr tahu odtrhu, a- spojená část vzorku, b- nespojená část vzorku) [25]



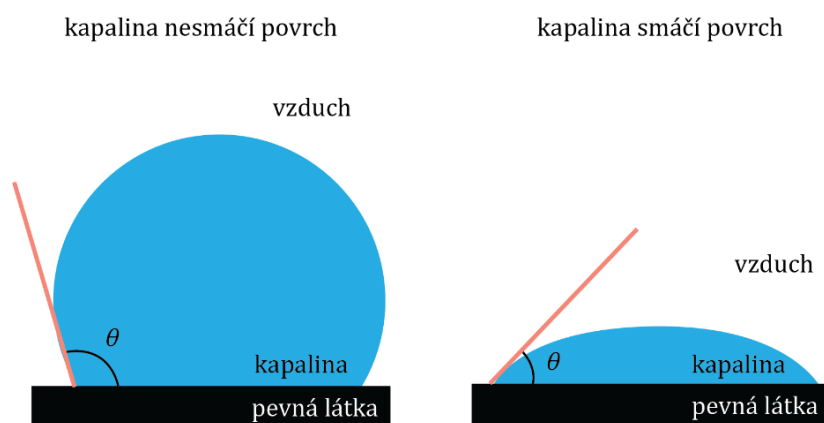
Obrázek 11: Testovací vzorek před a po řezání podle normy ASTM D1876-08 [26]

1.5 Úprava volné povrchové energie

Povrchová energie nebo také volná povrchová energie σ , je definována jako rozdíl energie na povrchu a uvnitř vrstvy dané látky, udává se v jednotkách J/m^2 [1]. Volná povrchová energie a povrchové napětí γ jsou si číselně rovny. Povrchové napětí se udává v jednotkách mN/m a používá se při popisu kapalin [27]. Povrchové napětí má tendenci minimalizovat povrch na co nejmenší obsah, aby kapalina ideálně zaujala tvar koule [1]. Povrchové napětí může být u některých polymerních fólií nedostačující, což zhorší smáčení a adhezi kapaliny s potiskovaným materiálem [27]. Smáčení povrchu kapalinou lze zjistit změřením tzv. kontaktního úhlu. Kontaktní úhel θ je úhel mezi tečnou v bodě kontaktu a vodorovnou čarou pevného povrchu (viz Obrázek 12) [28]. Youngova rovnice (2) vyjadřuje vztah mezi jednotlivými mezipovrchovými napětími γ_{sg} , γ_{sl} , γ_{lg} a kontaktním úhlem θ , který charakterizuje smáčivost [1]. Indexy značí g–gas (plyn), s–solid (pevná látka), l–liquid (kapalina).

$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \gamma_{lg} \cos \theta \quad (2)$$

Čím je volná povrchová energie potiskovaného materiálu vyšší vzhledem k povrchovému napětí kapaliny, tím lepší je smáčivost a tím menší je kontaktní úhel [28]. Pro správné spojení mezi povrchem potiskovaného materiálu a kapalinou by volná povrchová energie povrchu postihovaného materiálu měla překročit napětí kapaliny asi o 2–10 mN/m [29].



Obrázek 12: Chování kapaliny na hladkém pevném povrchu [30]

Pro lepší kvalitu tisku či laminace je potřeba volnou povrchovou energii polymerních fólií zvýšit. Zejména polyethylen a polypropylen mají nízkou volnou povrchovou energii (viz Tabulka 1) a jsou nejčastěji podrobeny úpravě volné povrchové energie. Úprava volné povrchové energie se neomezuje jen na tyto dva materiály, lze jí využít ke zlepšení

vlastností plastových i neplastových materiálů [31]. Volnou povrchovou energii lze upravit např. koronovým výbojem, plamenem, plasmou.

Tabulka 1: Typické hodnoty povrchového napětí polymerních materiálů bez povrchové úpravy (při teplotě 20 °C) [1]

Polymerní materiály	Povrchové napětí [mN/m]
PET	44,6
PMMA (polymethylmethakrylát)	41,1
PS (polystyren)	40,7
PVC	39,6–41,9
PE	32,4–35,7
PP	29,4–30,1
polydimethylsiloxan	22,1
PTFE (teflon)	19,1–21,5

Systém pro úpravu koronou se skládá ze dvou hlavních částí, a to z napájecího zdroje a stanice na úpravu [31]. Princip korony je popsán v článku [32]. Korona vytváří vysoce reaktivní plyn, plasmu, která obsahuje radikály, ionty a reaktivní ozon. Tento reaktivní plyn primárně poruší vazbu H–C. Tím dojde k vytvoření polární skupiny např. karbonylové či karboxylové. Jak se zvyšuje množství polárních skupin, tak se zvyšuje volná povrchová energie. Úpravu lze provádět jen do určité limitní hodnoty. Další úprava volnou povrchovou energií materiálu nezvýší. Účinnost povrchové úpravy koronou závisí zejména na druhu polymeru, expoziční dávce korony a časové prodlevě od zpracování materiálu.

Úprava plasmou je popsána ve zdroji [33]. Úprava se provádí v řízené atmosféře na bázi dusíku, který vytváří na povrchu potiskovaného materiálu nové funkční skupiny obsahující dusík. Smícháním s jinými plyny (tzv. dopanty) se vytvoří další funkční skupiny a lze tak přesně řídit množství požadovaných amidových, aminových a imidových skupin. Plasma je měkčí forma úpravy volné povrchové energie a je často považována za efektivnější způsob než použití tekutého primeru či korony. Tato úprava poskytuje vyšší úroveň volné povrchové energie, která klesá pomaleji v čase.

Úprava plamenem je uvedena a popsána ve zdroji [31]. Oxidační zóna plamene upravuje povrch materiálu. Ke zvýšení volné povrchové energie dojde změnou původně nepolárního povrchu materiálu na materiál s vyšším obsahem polárních skupin. Díky vysokým teplotám se aktivuje přebytek kyslíku, který reaguje s dalšími molekulami kyslíku a dojde k vytvoření polárních skupin na povrchu upravovaného materiálu (karbonylové, karboxylové).

1.6 Způsoby měření volné povrchové energie pevných materiálů

Volná povrchová energie pevných látek je stanovována pouze nepřímo, využívají se k tomu kapaliny, u kterých je povrchové napětí známé [34]. Nejčastěji používanou metodou pro stanovení povrchového napětí je měření kontaktního úhlu θ tzv. přisedlé kapky a využití Youngovi rovnice (2) [1]. Metodu přisedlé kapky popisuje zdroj [35]. Na očištěný vodorovný vzorek je nanášena jedna nebo více kapek kapaliny se známým povrchovým napětím. Dále je změřen kontaktní úhel po ustálení rovnováhy mezi fázemi kapalina–pevná látka–plyn. Po změření kontaktního úhlu je pomocí Youngovi rovnice (2) vypočteno volné povrchové napětí. Při měření může docházet k náhodným chybám, jako je deformace kapky při nanášení či nanesení různého objemu kapaliny na pevnou látku. Aby se zamezilo těmto chybám, je vhodné provést více počtů opakování měření a z hodnot udělat průměr. Vedle chyb náhodných jsou i těžko odhalitelné systematické chyby, jedná se například o kontaminaci testovací kapaliny. V Youngově rovnici zůstává neznámá hodnota mezipovrchového napětí γ_{sl} a nedá se experimentálně zjistit [1]. K určení těchto hodnot se používají matematické modely. Některé modely jsou složitější a je zapotřebí změřit více kontaktních úhlů pro různé kapaliny [35]. Jedná se např. o Fowksův model [36], metodu Owens, Wendt, Rabel a Kaeble (OWRK) [37], metoda podle Ossa Gooda [38], metodou podle Wu [39] a Zismanova metoda [40].

Další metodou pro stanovení volné povrchové energie potiskovaného materiálu je použití sady testovacích kapalin o známém povrchovém napětí, které se dodávají v rozsahu 18,4–105 mN/m [1]. Obvykle v přírůstcích 2 mN/m [39]. Přesnost tohoto měření je ± 1 mN/m [1]. Na testovaný povrch potiskované materiálu se nanese testovací inkoust tahem štětce. Jestliže se čára rozpadne v řadu kapek nebo se smršťuje, je povrchové napětí potiskovaného materiálu menší než povrchové napětí kapaliny [1]. Pokud má testovací kapalina nižší povrchové napětí a nakreslená čára zůstává nezměněná, je povrchové napětí materiálu vyšší nebo stejné než hodnota povrchového napětí testovacího inkoustu [1]. Mezi hlavní výhody této metody patří rychlost testování. Nevýhodou je částečné odpaření těkavého alkoholu, pokud je nádoba s inkoustem dlouho otevřená, tím dojde ke změně složení inkoustu a jeho vlastností [41].

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Materiály

2.1.1 Kartony

Top Coated Graphic+ Silk – Plošná hmotnost je 200 g/m^2 . Fyzikální vlastnosti: tloušťka kartonu $180 \text{ }\mu\text{m}$, jas 100% , bělost 127 CIE , opacita 98% [42]. Velikost je SRA3. Při skladování je zapotřebí mít karton uzavřen v krabici, teplota má být $10\text{--}30 \text{ }^\circ\text{C}$ a $20\text{--}70 \%$ relativní vlhkost. Karton má být 24 hodin aklimatizován před tiskem v podmínkách tiskové místnosti. Nejlepších výsledků se dosáhne při teplotě mezi $15\text{--}25 \text{ }^\circ\text{C}$ a $30\text{--}65 \%$ relativní vlhkosti [42]. Tento karton byl použit pro tiskárnu Canon imagePRESS C710.

MultiArt Silk – Plošná hmotnost je 200 g/m^2 . Fyzikální vlastnosti: tloušťka kartonu $176 \text{ }\mu\text{m}$, jas 99% , hladkost $1,3 \text{ }\mu\text{m}$, opacita 99% [43]. Velikost je SRA3. Tento karton je vhodný pro ofsetový tisk (včetně tisku UV barvami) a sítotisk. Dále je vhodný k lakování, ražbě za tepla i za studena a laminaci. Rovnost kartonu je zaručena při relativní vlhkosti mezi 45 a 55% při teplotě mezi 20 a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ [43]. Doporučuje se, aby v tiskárně byly srovnatelné klimatické podmínky. Je třeba se vyhnout extrémním změnám teploty a vlhkosti. Tento karton byl použit pro tiskárnu Konica Minolta Accurio Press c3070 (Katedra polygrafie a fotofyziky).

Color Copy – Plošná hmotnost je 250 g/m^2 . Fyzikální vlastnosti: drsnost kartonu (160 ml/min), bělost 157 CIE , opacita 97% [44]. Použitelný pro laserové i inkjetové tiskárny, kopírky i faxy. Tento karton byl použit pro tiskárnu Xeikon 8000. Stejný karton jen s plošnou hmotností 300 g/m^2 byl použit pro tiskárnu Xerox Color C75 Press.

Color Copy Coated – Plošná hmotnost je 170 g/m^2 [45]. Leskle natíraný karton. Bělost kartonu je 160 CIE [45]. Testováno a doporučováno společnostmi Canon, Océ, Xerox, Konica Minolta, Kodak, Ricoh atd. Tento karton byl použit pro tiskárnu Xerox Iridesse Production Press.

MC Elite 2S-200 FSC – Plošná hmotnost kartonu je 200 g/m^2 . Oboustranně strojově natíraný, superkalandrovaný bezdřevý tiskový karton s lesklým vzhledem. Fyzikální vlastnosti: tloušťka kartonu $158 \text{ }\mu\text{m}$, bělost 119 CIE , lesk 72% [46]. Tento karton je vhodný pro ofsetový tisk, flexotisk (barvy UV nebo na vodní bázi), sítotisk a knihtisk. Dále je vhodný k laminaci za tepla i za studena [46]. Tento karton byl použit pro tiskárnu HP Indigo Press WS6800.

MultiArt Silk Matt – Plošná hmotnost je 150 g/m². Fyzikální vlastnosti: tloušťka kartonu 128 μm, jas 99 %, hladkost 1,3 μm, opacita 97,5 % [47]. Velikost je SRA3. Tento karton je vhodný pro ofsetový tisk (včetně tisku UV barvami) a sítotisk. Dále je vhodný k lakování, ražbě za tepla i za studena a laminaci [47]. Tento karton byl použit pro tiskárnu Konica Minolta Accurio Press c3070 (tiskárna H. R. G. spol. s r. o.) a Xerox c1000i.

2.1.2 Laminovací folie

Derprosa™ Matte Premier – Jedná se o průhlednou a matnou laminovací fólii z BOPP [48]. Je zejména určená pro laminaci digitálně tištěných materiálů. Tato laminační fólie je vhodná pro knižní přebaly, časopisy, pohlednice, brožury, katalogy a laminace obalů. Umožňuje oboustrannou laminaci, povrchovou úpravu ražbou nebo úpravu povrchové energie koronovacím zařízením. Technické parametry folie: tloušťka 42 μm, doporučená teplota aplikace 110–120 °C, úroveň povrchového napětí 38 mN/m, koeficient tření 0,2, lesk 6 % [48]. Tato laminovací fólie byla vybrána a poskytnuta firmou Komfi spol. s r.o.

PKCOO BOPP Thermal laminating Film (dále jen PKCOO BOPP) – Jedná se o lesklou termální laminovací fólii z BOPP [49]. Tato fólie se často využívá pro laminaci ofsetových tisků. Technické parametry folie: tloušťka 24 μm, úroveň povrchového napětí 38 mN/m, prodloužení 12 ± 10 % [49]. Tato laminovací fólie byla vybrána a poskytnuta firmou Komfi spol. s r.o.

2.2 Tiskové stroje a barvy

Canon imagePRESS C710 – Jde o barevný elektrofotografický tiskový stroj. Rychlost tisku je 90 stran za minutu [50]. Tiskárna má k dispozici 3 zásobníky papíru s podporovanou plošnou hmotností 52 až 300 g/m². Předozadní tolerance soutisku je 1 mm nebo méně. Maximální měsíční špičkový objem tisku je až 500 000 stran A4. Je doporučeno mít měsíční objem tisku okolo 40 000 až 167 000 stran A4. Rozlišení tisku je 2400×2400 dpi (256 úrovní) [50]. Testovací sady vzorků z tohoto typu stroje pro diplomovou práci poskytla firma Canon CZ s.r.o. Použité tonery jsou T01 Black (8066B001), T01 Cyan (8067B001), T01 Magenta (8068B001) a T01 Yellow (8069B001). Toxicita toneru je LD50 >2000 mg/kg (požití). Bod měknutí toneru je v rozmezí 85–120 °C [51]. Relativní hustota je 1–1,5. Toner se rozkládá při teplotě >200 °C. Toner se skládá z polyesterové pryskyřice (70–80 hm. %), kopolymeru styren akrylátu (5–10 hm. %), sazí (5–10 hm. %), vosku (3–10 hm. %), amorfního oxidu křemičitého (1–5 hm. %) a oxidu titaničitého (<1 hm. %) [51]. Tonery T01 Cyan, T01 Magenta a T01 Yellow mají stejné vlastnosti jako toner T01 Black. Liší se použitým pigmentem, kdy toner

T01 Cyan obsahuje azurový pigment (1–5 hm. %) [52], T01 Magenta obsahuje purpurový pigment (1–5 hm. %) [53] a T01 Yellow obsahuje žlutý pigment (1–5 hm. %) [54].

Konica-Minolta Accurio Press c3070 – Jedná se o barevný elektrofotografický tiskový stroj. Rychlost tisku je 84 stran formátu A4 za minutu a 39 stran formátu SRA3 (320×450 mm) za minutu [55]. Tiskárna má k dispozici 3 zásobníky papíru s podporovanou plošnou hmotností 62 až 350 g/m². Rozlišení tisku je 1200×1200 dpi ×8 bitů (ekvivalentní 1200×3600 dpi) [55]. Testovací sady vzorků z tohoto typu stroje pro diplomovou práci poskytla firma H. R. G. spol. s r. o Litomyšl (dále značeno HRG) a také Univerzita Pardubice (Katedra polygrafie a fotofyziky – dále značeno KPF). Použité tonery Simitri HD se skládají z barev azurové A3VX430 (TN619C), purpurové A3VX330 (TN619M), žluté A3VX30 (TN619Y) a černé A3VX130 (TN619K) [56]. Toner obsahuje jemné částice pryskyřice spojené s barevnými pigmenty [57].

Xerox c1000i – Jedná se o barevný produkční elektrofotografický tisk. Rychlost tisku je až 100 stran A4 za minutu [58]. Podporovaná plošná hmotnost papíru je 55 až 350 g/m². Je doporučeno mít měsíční objem tisku okolo 150 000 až 400 000 stran. Maximální měsíční objem tisku je až 1 750 000 stran. Rozlišení tisku je 2400×2400 dpi [58]. Testovací sady vzorků z tohoto typu stroje pro diplomovou práci poskytla firma H. R. G. Spol. s r. o Litomyšl. Použité tonery se skládají z barev azurové (006R01481), purpurové (006R01482), žluté (006R01483) a černé (006R01480) [59].

Xerox Color C75 Press – Barevná laserová tiskárna má rychlost tisku až 76 stran za minutu [60]. Tiskárna má k dispozici 4 zásobníky papíru s podporovanou plošnou hmotností 64 až 300 g/m². Maximální měsíční špičkový objem tisku je až 300 000 stran. Je doporučeno mít měsíční objem tisku okolo 20 000 až 70 000 stran. Rozlišení tisku je 2400×2400 dpi [60]. Testovací sady vzorků z tohoto typu stroje pro diplomovou práci poskytla firma KSIGN advertising solutions, s.r.o. Použité tonery se skládají z barev azurové (006R01481), purpurové (006R01482), žluté (006R01483) a černé (006R01480) [61]. Tonery obsahují polyesterovou pryskyřici (60–80 hm. %), keramické materiály (10–20 hm. %), parafín (1–10 hm. %), žlutý pigment (0–10 hm. %), uhlíkovou čern (0–10 hm. %), azurový pigment (0–10 hm. %), purpurové barvivo (0–10 hm. %), amorfní oxid křemičitý (1–5 hm. %), oxid titaničitý (<1 hm. %) [61]. Bod měknutí toneru je 49–60 °C. Toner je stabilní a nehořlavý, jen při tvorbě koncentrovaného prachu u zdroje vznícení může představovat nebezpečí výbuchu.

Xeikon 8000 – Tiskárna pracuje na principu elektrofotografie s LED diodami. Tisk je odvíjen z role a je možné ho po tisku rovnou nařezat na požadovaný formát. Rychlost tisku až 12 m/min [62]. Podporovaná plošná hmotnost papíru je 40 až 350 g/m². Šířka papíru může být 320–512 mm. Doporučený objem produkce je 5 000 000 stran formátu A4 za

měsíc (při 100% pokrytí obou stran). Rozlišení tisku je 1200 × 3600 dpi [62]. Testovací sady vzorků z tohoto typu stroje pro diplomovou práci poskytlo polygrafické oddělení ZÚ v Sedlčanech. Tonery mají označení QA-P a skládají se z barev azurové, purpurové, žluté a černé. Dále jsou dostupné barvy červená, modrá, zelená, oranžová a další [63]. Xeikon QA-P toner splňuje všechna nařízení Food and Drug Administration pro nepřímý kontakt s potravinami za pokojové teploty a také pro přímý kontakt se suchými potravinami neobsahujícími olej ani tuk na povrchu [63]. Toner je recyklovatelný a šetrný k životnímu prostředí [64].

Xerox Iridesse Production Press – Jedná se o barevný elektrofotografický tisk. Rychlost tisku je až 120 stran A4 za minutu [65]. Podporovaná plošná hmotnost papíru je 52 až 400 g/m². Je doporučeno mít měsíční objem tisku okolo 225 000 až 475 000 stran. Maximální měsíční objem tisku je až 2 225 000 stran. Rozlišení tisku je 2400×2400 dpi ×1 bit [65]. Testovací sady vzorků z tohoto typu stroje pro diplomovou práci poskytla firma PrintPoint s.r.o. Použité tonery se skládají z barev azurové (006R01708), purpurové (006R01709), žluté (006R01710) a černé (006R01707) [66]. Dále nabízí pět speciálních tonerů jako je bílý, zlatý, stříbrný, průhledný/čirý a fluorescenční růžový [67].

HP Indigo Press WS6800 – Digitální tiskový stroj má rychlost tisku 30 m/min (98 ft/min) ve čtyřbarevném režimu, 40 m/min (130 ft/min) v režimu zvýšené produktivity a 60 m/min (196 ft/min) v režimu tisku jednou nebo dvěma barvami [68]. Rozlišení tisku je 2438×2438 dpi [68]. Testovací sady vzorků z tohoto typu stroje pro diplomovou práci poskytla firma OTK GROUP, a.s. Pro tuto technologii se používají barvy HP Indigo ElectroInk azurová (Q4132D), purpurová (Q4131D), žlutá (Q4130D) a černá (Q4133D). Barvy jsou ve formě pasty. Azurová barva se skládá z alkanů C11–15 (<80 %), fluoroplastů (<1 %) a modrého pigmentu (<5 %) [69]. Purpurová barva se skládá z alkanů C11–15 (<80 %), fluoroplastů (<1 %) a organického pigmentu C. I. P. R. 146 pro barvu purpurovou (<5 %) [70]. Žlutá barva se skládá z alkanů C11–15 (<80 %), fluoroplastů (<1 %) a organického pigmentu C.I.P.Y. 185 (<5 %) [71]. Černá barva se skládá z alkanů C11–15 (<70 %), fluoroplastů (<2,5 %) a organického pigmentu C. I. P. B. 7 (<5 %) [72]. Saze jsou v tomto přípravku přítomny pouze ve vázané formě. Na část tiskovin byl použit primer DigiPrime® 680, který zvyšuje přilnavost inkoustu k substrátu a zabraňuje otěru. Jedná se o čirou tekutou látku s pH v rozmezí 9,5–11,5 [73]. Primer obsahuje 8–10 % sušiny [73].

2.3 Přístroje

2.3.1 Spektrofotometr Konica Minolta FD-5

Spektrofotometr využívá jako zdroj světla LED. Rozsah vlnových délek je 380–730 nm. Podmínky měření odpovídají podmínkám měření ISO 13655 M0 (CIE Illuminant A), M1 (CIE Illuminant D50), M2 (osvětlení s UV-cut filtrem) a M3 (M2 + polarizační filtr) [74]. Je možné vybrat z mnoha typů osvětlení A, C, D50, ID50, D65, ID65, F2, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12. Lze nastavit 2° a 10° pozorovatele. Dále lze měřit v barvových prostorech CIE $L^*a^*b^*$, L^*C^*h , Hunter Lab, Yxy, XYZ, optickou hustotu, tónovou hodnotu, nárůst tónové hodnoty a další tiskové parametry [74].

2.3.2 Fotoaparát Nikon D3100

Digitální zrcadlový fotoaparát má obrazový snímač CMOS formátu DX s rozlišením 14,2 MPix. Fotoaparát obsahuje vestavěný blesk. Citlivost ISO je 100–3 200 s možností zvýšení citlivosti až na 12 800 [75]. Je k dispozici šest pevných scénických předvoleb: živé, standardní, neutrální, monochromatické, portrét a krajina. Fotoaparát umožňuje vyvážení bílé automaticky, ručně, anebo pomocí přednastavených hodnot. Je k dispozici rozsáhlé retušovací menu, kde jsou k dispozici techniky jako například korekce efektu červených očí.

2.3.3 Koronovací jednotka

Šířka pásu koronovací jednotky je 400 mm. Rychlost zařízení lze regulovat v rozsahu 10–100 m/min. Výkon koronovací jednotky je 1,5 kW [76]. Zařízení je od firmy Eltech Engineers Pvt.

2.3.4 Laminovací stroj Amiga 52

Laminovací stroj může laminovat archy do velikosti B2 (max. rozměr archu 520×740 mm a min. rozměr archu 200×200 mm). Maximální rychlost laminace je 25 m/min [77]. Čas vytopení laminovacího válce je cca 4 minuty. Dají se zde využít k laminaci PET, OPP a nylonové laminovací folie s tloušťkou 24–50 μm [77]. Maximální výkon nakládací hlavy je 8000 archů/hodinu. Lze zalaminovat archy s hmotností 115–600 g/m². Na zařízení lze nastavit rychlost, teplotu a tlak při laminaci.

2.3.5 Peel tester

Peel tester neboli stroj na testování odtrhu byl vyroben a zkonstruován firmou Komfi spol. s r. o. Zařízení lze propojit s počítačem a ovládat ho za pomoci programu Peel tester K-UG-02, taktéž od firmy Komfi. V tomto programu je možné nastavit hned několik parametrů, jako je délka odtrhu (maximální délka odtrhu je 450 mm), volitelná rychlost odtrhu (100–250 mm/min), začátek vzorkování v gramech, horní a dolní limit hmotnosti potřebné k odtržení v gramech, který nám zobrazí graf. Maximální horní limit hmotnosti potřebné k odtržení je 2000 g. Program po doměření zobrazí maximální a minimální hodnotu hmotnosti potřebné k odtržení v gramech, vypočítá průměrnou hodnotu hmotnosti potřebné k odtržení v gramech a směrodatnou odchylku. Data je možné ukládat ve formátu pdf a jako textový soubor v excelu. Program vykresluje graf v průběhu měření, po skončení měření vyhodnotí maximální a minimální hodnotu a vypočte průměrnou hodnotu potřebné hmotnosti/zatížení k odtrhu v gramech, nikoli potřebné síly k odtrhu v newtonech. Měření odtrhu laminační fólie od tiskovin byly prováděny rychlostí 250 mm/min.

2.3.6 UV lakovací stroj Spotmatic 36

Jde o digitální lakovací stroj se střednětlakou rtuťovou výbojkou jako UV zdrojem [78]. UV lampa má výkon 160 W/cm. Rychlost dopravního pásu byla 10 m/min. Vzdálenost UV lampy od dopravního pásu je 80 mm. Zařízení bylo využito k úpravě povrchu laminovaných vzorků expozicí UV zářením.

2.3.7 Rýhovací a perforovací stroj GPM 450 SA

Jedná se o poloautomatický stroj, u kterého je vkládání archů manuální, ale jeho posun už zajišťuje krokový motor. Jsou zde volitelné tři šířky rýhy a to 1,2 mm, 1,5 mm a 1,8 mm. Maximální pracovní šířka je 450 mm a maximální pracovní délka je 999 mm [79]. Maximální počet rýh na archu je 15. Minimální vzdálenost rýh od sebe je 2 mm. Rychlost stroje je 2000 stran A4 za hodinu [79]. Jednotlivé operace se zadávají na dotykovém displeji stroje.

2.3.8 Inkousty a fixy Arcotest na měření povrchového napětí

Jedná se o růžově zbarvené testovací kapaliny s definovaným povrchovým napětím. Jsou netoxické a jsou v podobě fix nebo roztoků kapalin v lahvičce. Manipulace s nimi jsou

v souladu s DIN 53364 resp. ISO 8296 [80]. Testovací fixy jsou v rozsahu od 22 do 60 mN/m. Přesnost fix je $\pm 1,0$ mN/m. Náplň ve fixách je 5 ml a jsou v balení po 4, 6 nebo 8 kusech. Testovací inkousty v lahvičkách jsou v rozsahu od 22 do 60 mN/m [80]. Přesnost testovacího inkoustu je $\pm 0,5$ mN/m. Inkousty jsou dostupné v sadě 7 lahviček po 10 ml. Čas odečtu povrchového napětí pro fixy a inkousty v rozsahu 28 až 44 mN/m jsou 4 s [80]. K experimentálnímu měření povrchového napětí této diplomové práce byla k dispozici sada fix a sada inkoustů v rozsahu od 32 do 44 mN/m.

2.4 Postup měření

2.4.1 Testovací vzorek (arch)

Připravený testovací vzorek (arch) obsahoval proužky o velikosti 30 mm na šířku s ořezovými značkami 25 mm na šířku a 180 mm na délku. Proužků na archu bylo šestnáct, osm proužků bylo zelených a zbylých osm proužků se skládalo z barev procesních (azurová, purpurová, žlutá, černá), a dále černé, červené, modré vzniklé přetiskem procesních barev a proužku s více odstíny barev (viz Obrázek 13). Testovací arch byl ve formátu SRA3 (320×450 mm). Pro testování laminace bylo na každém tiskovém stroji vytištěno minimálně 40 archů. Požadavky pro tisk od firmy Komfi spol. s r. o. byly následující: natíraný karton ve formátu SRA3 s plošnou hmotností 200–300 g/m², tisk bez správy barev a tisk na elektrofotografickém tiskovém stroji. K testování byly poskytnuty vytištěné archy ze sedmi tiskových strojů (viz kapitola 2. 2), z toho stroj HP Indigo Press WS6800 poskytl sadu testovacích vzorků s primerem i bez a tiskový stroj Konica-Minolta Accurio Press c3070 byl použit dvakrát (Katedra polygrafie a fotofyziky a H. R. G. spol. s r. o.). Tudíž bylo dohromady k dispozici devět různých testovacích vzorků k hodnocení kvality adheze laminace digitálních elektrofotografických tisků pomocí peel testeru a dalších testů. Testovací vzorky byly shromážděny a odvezeny do firmy Komfi spol. s r. o., kde měly dostatek času (>1 měsíc) k aklimatizaci (stejně podmínky).



Obrázek 13: Testovací vzorek (arch)

2.4.2 Průběh testování

Z časového hlediska bylo rozhodnuto, že se budou testovat dva druhy laminovací fólie (viz kapitola 2. 1. 3) při dvou rychlostech laminace (10 m/min a 20 m/min), teplota 120 °C byla konstantní (dříve 110 °C, ale z testů vyplynulo, že adheze při této teplotě je nízká) a tlak 4 bary (400 kPa) byl taktéž konstantní. Z důvodu šetření testovacích archů byly vždy testovány 2 archy na jednu rychlost, laminovací fólii a danou časovou prodlevou od laminace. Nejdříve byla provedena profilace stroje s testovacím vzorkem vytištěným na tiskovém stroji Konica Minolta Accurio Press c3070 (KPF), a to z důvodu z většího množství poskytnutých vzorků. Profilace byla důležitá, abychom předešli mylným závěrům z rozdílných hodnot adheze v určitých částech testovacího archu (např. na krajích). Profilace se testovala 24 hodin po laminaci, bylo otestováno několik archů ve stejném pořadí proužků 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1 (ukázka číslování vzorku viz Obrázek 14). Byly testovány zelené proužky, a to z důvodu většího nánosu barvy a také stejné barvy (podmínek). Proužky byly nařezány na stejnou šířku 27 mm stejným stylem. Testování adheze laminační fólie k tiskovině bylo hodnoceno pro tři časové úseky od laminace. První úsek byl od 15 minut do 75 minut po laminaci (dále značeno 1 hodina po laminaci), dále

24 hodin po laminaci a 14 dní po laminaci. Tyto intervaly byly zvoleny z časového hlediska, aby bylo testy možné rozumně zvládnout. Pro testování do 1 hodiny po laminaci byly testovány proužky s číslem 2, 4, 6, 8 a testovány byly v tomto pořadí. Pro testování 24 hodin po laminaci a 14 dní po laminaci byly testovány proužky s číslem 1, 3, 5, 7 a testovány byly v tomto pořadí. Byly testovány zelené proužky na archu, z důvodu většího nánosu barvy a stejné barvy (podmínek). Výsledná průměrná hodnota hmotnosti odtrhu pro daný časový interval, rychlost laminace, tiskový stroj a typ laminační fólie byla průměrem hodnot z 8 proužků vzorku (4 proužky z archu, 2 archy). S laminovací fólií Derprosa™ Matte Premier se kromě klasického testování s rychlostmi laminace 10 m/min a 20 m/min při laminační teplotě 120 °C testovaly vzorky jejichž povrch byl upraven koronovým výbojem a byly laminovány při rychlosti 10 m/min. Protože úprava povrchu pomocí koronovací jednotky není zcela homogenní, byly vzorky projety jednotkou 2× při maximálním výkonu 1,5 kW rychlostí 10 m/min. Jednalo se o vzorky: Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF), Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG), HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez a Canon imagePRESS C710. Tento užší výběr vzorků byl proveden z časových důvodů i omezeného množství vzorků pro testy. Konica Minolta Accurio Press c3070 byla vybrána dvakrát, aby bylo možné tyto dvě stejné technologie s povrchovou úpravou koronovým výbojem porovnat. Dále byla vybrána sada vzorků z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez, abychom se dozvěděli, jaký vliv má úprava povrchu koronovým výbojem na testovací vzorky s primerem i bez jeho použití. Canon imagePRESS C710 byl vybrán jednak protože měl více kusů testovacích vzorků, ale také vynikal v dobré adhezi laminace a chtěli jsme zjistit, zda mu úprava povrchu adhezi ještě zlepšit. Testování probíhalo stejně jako u předchozích vzorků (1 hodina po laminaci, 24 hodin po laminaci a pouze vzorky z Konica Minolta Accurio Press c3070 (KPF) byly testovány ještě 14 dní po laminaci, a to z důvodu většího množství testovacích archů). Dále se u této fólie testovaly barevné vzorky/proužky při rychlosti laminace 10 m/min, a to v pořadí 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, také dva archy od každé technologie (viz Obrázek 14). Testování probíhalo stejně jako u předchozích vzorků (1 hodina po laminaci a 14 dní po laminaci). Vzorky s laminovací fólií PKCOO BOPP byly testovány při rychlostech laminace 10 m/min a 20 m/min, při teplotě 120 °C a hodnoceny 1 hodinu po laminaci, 24 hodin po laminaci a 14 dní po laminaci. Dále byla s touto laminovací fólií hodnocena adheze laminační fólie k jednotlivým substrátům (nepotištěných) při rychlosti laminace 10 m/min. Nařezané proužky (rozměry) byly stejné jako u ostatních měření, aby bylo možné všechny hodnoty vzorků mezi sebou porovnávat. Tyto vzorky byly hodnoceny 1 hodinu po laminaci, 24 hodin po laminaci a 14 dní po laminaci. Jako poslední byly vzorky všech technologií podrobeny expozici UV záření ve stroji Spotmatic 36 před laminací. Rychlost tohoto stroje byla nastavena na 10 m/min a výkon UV lampy byl 160 W/cm. Tyto

vzorky byly následně zalaminovány při rychlosti 10 m/min, při teplotě laminace 120 °C a hodnoceny 1 hodinu po laminaci a 24 hodin po laminaci.



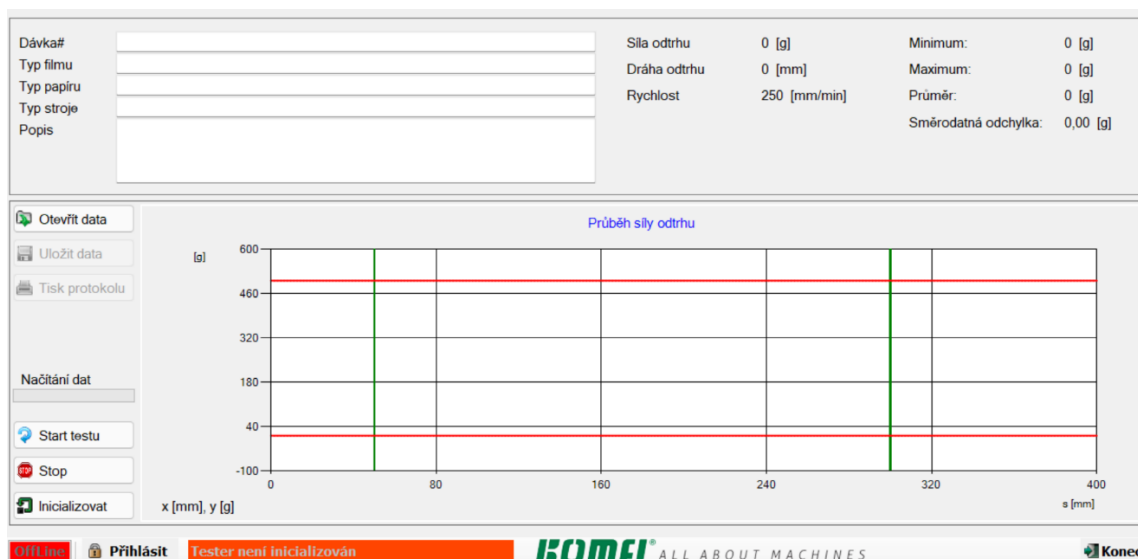
Obrázek 14: Testovací vzorek (arch) s čísly pozic barevných proužků

2.4.3 Stanovení povrchového napětí

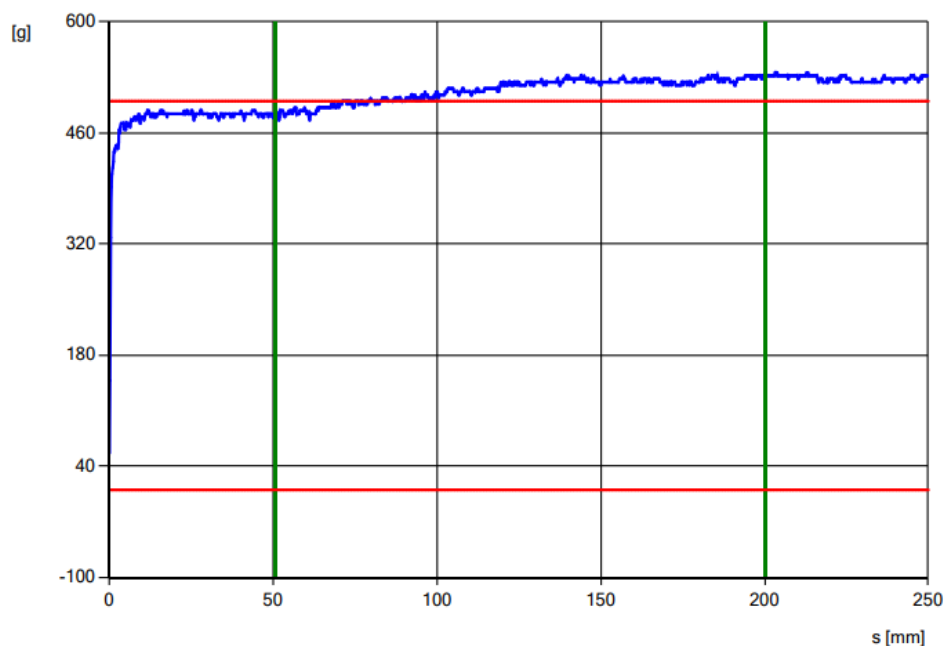
Před úpravou povrchu materiálu koronovým výbojem bylo u vzorků změřeno povrchové napětí speciálními fixami a potvrzeno inkoustovými sadami. Vždy se testovalo povrchové napětí postupně a vzestupně v rozsahu od 32 do 44 mN/m. Následně se vzorkům upravil povrch koronovým výbojem a opět se testovalo povrchové napětí vzorků. Jedná se o subjektivní hodnocení rozpadu inkoustové čáry v čase (přibližně 5 s). Povrchové napětí se stanovovalo u vzorků: Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF), Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG), HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez a Canon imagePRESS C710.

2.4.4 Nastavení Peel testeru

Peel tester se nastavoval v programu Peel tester K-UG-02 (viz Obrázek 15), kde dochází i k vyhodnocování hmotnosti potřebné k odtrhu laminovací fólie od substrátu. Všechny vzorky měly nastavené stejné parametry/podmínky. Rychlost odtrhu byla 250 mm/min. Délka odtrhu byla 250 mm, délka měření odtrhu byla stanovena na 150 mm. Začátek záznamu hodnot počítaných do průměru hmotnosti potřebné k odtrhu byl od 50 mm, konec záznamu byl při 200 mm, jedná se o oblast v grafu mezi zelenými úsečkami (viz Obrázek 16). Podmínky byly nastaveny tak, aby byl získán dostatečný počet hodnot pro stanovení hmotnosti potřebné k odtrhu a vzhledem k rychlosti stroje a zdlouhavému vyhodnocení nebylo měření neúměrně dlouhé.



Obrázek 15: Ukázka programu Peel Tester K-UG-02



Čas, datum:	13:39:20, 01.03.2022
Délka odtrhu:	250 mm
Délka měření:	150 mm
Rychlost odtrhu:	250 mm/min
Síla odtrhu požadovaná	
Spodní limit:	10 g
Horní limit:	500 g
Síla odtrhu naměřená	
Minimum:	476 g
Maximum:	532 g
Průměr:	514 g

Obrázek 16: Graf z programu Peel tester K-UG-02, který patří barvě zelené, proužku č.2 z prvního archu s laminační fólií PKCOO BOPP, z tiskového stroje Canon imagePRESS C710 testovaný 1 hodinu po laminaci

2.4.5 Měření změny barevnosti

Testovacím sadám vzorků byly před laminací změřeny souřadnice CIE L*, a*, b* spektrofotometrem Konica Minolta FD-5. Jednalo se o barvy procesní (azurová, purpurová, žlutá, černá). Dále byly vzorky zalaminovány fólií Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP při rychlosti 10 m/min. Hned po laminaci (do 1 hodiny po laminaci) se opět změřily souřadnice CIE L*, a*, b* spektrofotometrem, další měření souřadnic CIE L*, a*, b* bylo 14 dní po laminaci. Následně se vypočítala hodnota barvové odchylky

$\Delta E^*_{a, b}$ podle rovnice (1). Nastavení spektrofotometru bylo následující: 2° pozorovatel, osvětlení D50, a typ měření M0.

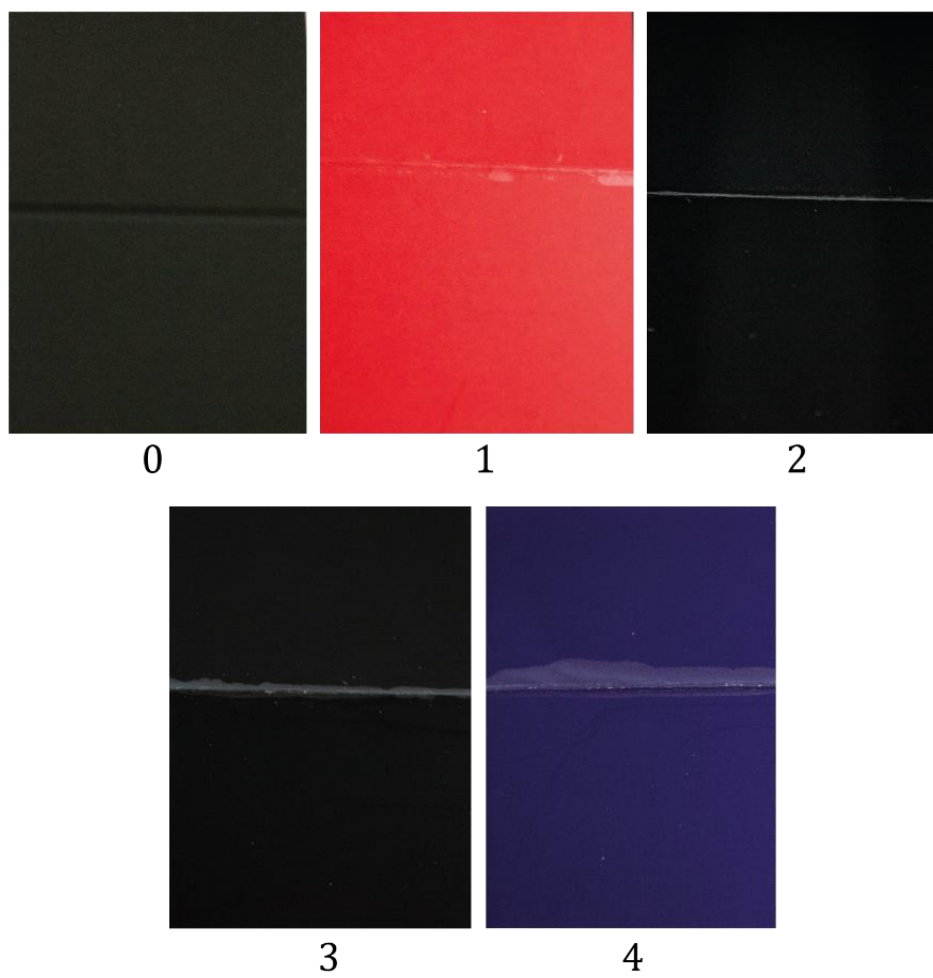
2.4.6 Rýhování vzorků

Testovací vzorky (laminované tisky) byly podrobeny testu rýhování a testu odolnosti vůči ohybu v rýze. Rýhování bylo provedeno na vzorcích s odstupem od laminace minimálně 6 dní. Testovány byly barevné části zalaminovaného archu (proužky C, M, Y, K, K, B, R, viz Obrázek 14), z důvodu šetření materiálu. Testovány byly vzorky s fólií Derprosa™ Matte Premier při rychlosti laminace 10 m/min (43 dní od laminace) a při rychlosti laminace 20 m/min (30 dní od laminace), vzorky s fólií PKCOO BOPP při rychlosti laminace 10 m/min (21 dní a 6 dní od laminace), dále vzorky při rychlosti laminace 20 m/min (21 dní od laminace) a vzorky upravené UV zářením při rychlosti laminace 10 m/min (6 dní od laminace). Jako poslední byly hodnoceny vzorky kartonu s laminovací fólií PKCOO BOPP při rychlosti laminace 10 m/min (6 dní od laminace). Prodleva od laminace nemohla být u vzorků stejná z důvodu testování rýhování a adheze laminace na různých pracovištích a velkých časových nárocích na jednotlivé testy.

Nastavení rýhovacího stroje GPM 450 SA bylo: U profil rýhovacího nástroje, šířka drážky 1,5 mm a hloubka drážky 0,3 mm. Po dokončení rýhování byla subjektivně stanovena míra delaminace/poškození laminovaného vzorku v místě rýhy, na základě porovnání jednotlivých rýh u testovacích sad. Hodnotící škála je uvedena v Tabulce 2 a podložena fotografiemi s čísly 0–4 (viz Obrázek 17), které reprezentují jednotlivé stupně škály. Tato škála hodnocení je jak pro rýhování, tak pro následný test v ohybu. Testování ohybu se provádělo v rýze ručně ohybem o 180° v drážce v kartonu.

Tabulka 2: Škála pro hodnocení kvality rýhování laminovaných vzorků a odolnosti vůči ohybu

0	beze změny/žádná delaminace nebo stříbření v místě rýhy
1	minimální (lokální) stříbření v místě rýhy
2	mírné stříbření v celé šíři rýhy
3	delaminace/rozsáhlé stříbření v celé šíři rýhy doprovázené výraznou vzduchovou kapsou v místě rýhy
4	delaminace/rozsáhlé stříbření v celé šíři rýhy doprovázené výraznou vzduchovou kapsou v místě rýhy, která se dále rozšiřuje i mimo oblast rýhy



Obrázek 17: Vzorky po rýhování s přiřazeným stupněm poškození uvedeným v Tabulce 2

3 VÝSLEDKY A DISKUZE

3.1 Profilace laminovacího stroje Amiga 52

V této kapitole jsou uvedeny výsledky testování profilace laminovacího stroje Amiga 52. Bylo zjištěno, že celková průměrná hodnota hmotnosti potřebné k odtržení z několika vzorků/archů s 8 proužky z tiskového stroje Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF) byla 832 g s průměrnou směrodatnou odchylkou 40 g. Proužky u kraje s čísly 1 a 2 (viz Obrázek 14) mají hodnoty průměrné hmotnosti potřebné k odtržení 845 g s průměrnou směrodatnou odchylkou 39,5 g. Proužky uprostřed s čísly 3–6 (viz Obrázek 14) mají hodnoty průměrné hmotnosti potřebné k odtržení 822 g s průměrnou směrodatnou odchylkou v rozmezí 39,5 g. Proužky u kraje s čísly 7 a 8 (viz Obrázek 14) mají hodnoty průměrné hmotnosti potřebné k odtržení 839 g s průměrnou směrodatnou odchylkou 40,5 g. Z těchto výsledků je patrné, že mírně vyšší adheze laminační fólie je na krajích archu než uprostřed. Hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení jednotlivých proužků na archu se od sebe výrazně neliší. Průměrná relativní změna hodnot krajních proužků (1, 2, 7, 8) od proužků uprostřed archu (3–6) činí 2,4 %. V rámci následujících testů pak byli vždy měřeny dohromady proužky 1, 3, 5 a 7 nebo 2, 4, 6 a 7. Tato profilace laminovacího stroje je pouze pro krátkodobý chod tohoto stroje, který byl využit při tomto testování. Stroj byl vždy zapnut na krátkou chvíli, kdy bylo zalaminováno několik vzorků pro testování adheze a dále se nějakou dobu nelaminovalo (než bylo dokončeno měření na peel testeru).

3.2 Měření povrchového napětí vzorků

V této části jsou uvedeny výsledky měření povrchového napětí vzorků. Tabulka 3 znázorňuje povrchové napětí jednotlivých vybraných vzorků před úpravou koronovým výbojem a po jejich úpravě. Před úpravou mají vzorky ze stroje HP Indigo Press WS6800 vyšší hodnotu povrchového napětí a nejvyšší pak vzorek s primerem (40 mN/m). Po úpravě se těmto vzorkům hodnota povrchového napětí zvýšila na hodnotu >44 mN/m. Nebylo možné zjistit přesnou hodnotu povrchového napětí z důvodu omezeného rozsahu testovacích kapalin (32–44 mN/m). Nejnížší hodnotu povrchového napětí z testovaných vzorků měly tisky z tiskového stroje Canon imagePRESS C710. Hodnota povrchového napětí je v tomto případě nižší než 32 mN/m (díky omezenému rozsahu testovacích kapalin nestanoveno přesněji). Povrchová úprava koronovým výbojem všem vzorkům zvýšila povrchové napětí.

Tabulka 3: Povrchové napětí jednotlivých vzorků před úpravou koronovým výbojem a po jeho úpravě

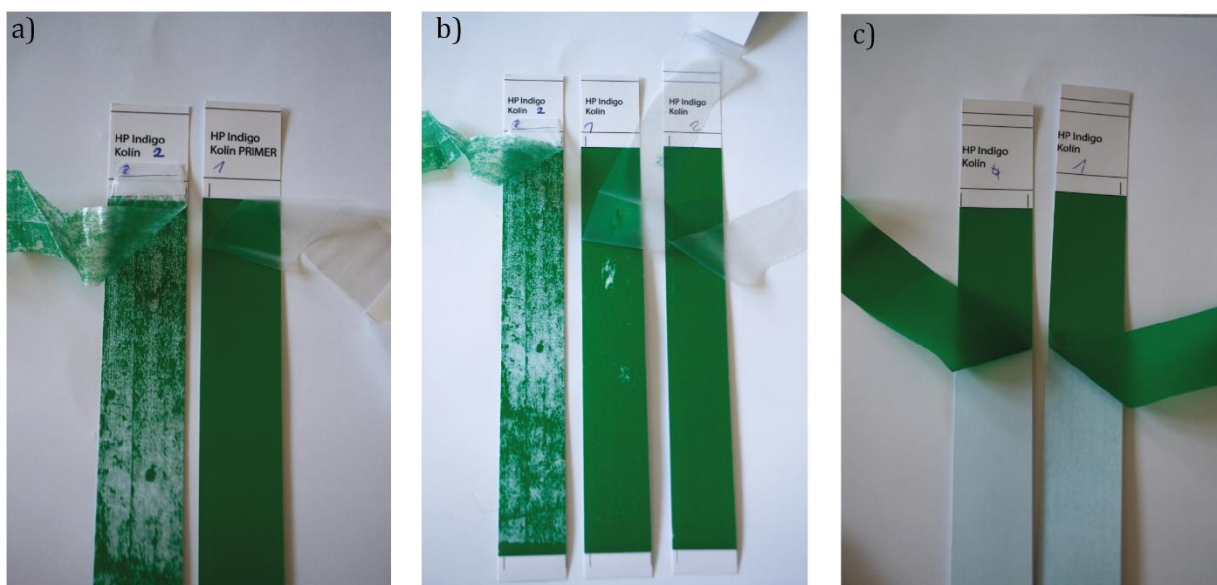
vzorky	Před úpravou [mN/m]	Po úpravě [mN/m]
Konica Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	32	42
Konica Minolta Accurio Press c3070	32	42
Canon imagePRESS C710	<32	38
HP Indigo Press WS6800	38	>44
HP Indigo Press WS6800 s primerem	40	>44

3.3 Adheze laminační fólie Derprosa™ Matte Premier

V této kapitole jsou uvedeny výsledky měření adheze laminační fólie Derprosa™ Matte Premier. Adheze laminační fólie je ovlivněna nejen časovým odstupem od laminace, ale také rychlostí, při které došlo k laminaci. Z Tabulky 4 (porovnání vzorků při rychlosti laminace 10 m/min) je patrné, že u všech vzorků jsou hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie s časovým odstupem 24 hodin a 14 dní od laminace podobné v rámci jednoho tiskového stroje a v tomto delším časovém odstupu nedošlo ke zlepšení adheze. U vzorků z tiskových strojů Xeikon 8000 a Xerox Iridesse Production Press došlo k nárůstu adheze laminační fólie mezi časovými odstupy od laminace 1hod. a 24 hod. Naopak u vzorku z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 došlo ve stejném časovém intervalu k mírnému poklesu adheze laminační fólie. Nejvyšší adhezi laminační fólie po 1 hodině měly vzorky z tiskových strojů Canon imagePRESS C710 (907 g), Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG) (824 g), Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF) (768 g) a Xerox Color C75 Press (837 g). Celkovou nejvyšší hodnotu hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie po 14 dnech měly vzorky z tiskových strojů Canon imagePRESS C710 (967 g) a Xerox Color C75 Press (991 g). Vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem (225 g po 14 dnech) a bez primeru (222 g po 14 dnech) mají nejnižší adhezi laminační fólie ve všech časových intervalech. Primer sice u této laminační fólie adhezi k substrátu nezvýšil, ale zvýšil adhezi barvy k substrátu. Díky tomu nedocházelo u těchto vzorků k ulpění barvy při testování na laminovací fólii jako tomu bylo u vzorku HP Indigo Press WS6800 bez primeru (viz Obrázek 18 a). Avšak u vzorku bez primeru se adheze barvy k substrátu postupem času zlepšovala také (viz Obrázek 18 b). Vzorky z Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG) a Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF) mají srovnatelné hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie, rozdíly jsou v rámci chyby měření.

Úprava koronovým výbojem (viz Tabulka 4) zlepšila adhezi především vzorkům z tiskových strojů HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez primeru. U všech vzorků s primerem došlo po 24 hodinách k přetržení laminační fólie z důvodu vysoké adheze. Tato úprava povrchu u vzorku z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru zvýšila adhezi barvy k laminační fólii oproti stejným vzorkům, které tuto povrchovou úpravu neměly (viz Obrázek 18 c). Při odtrhávání fólie od tisku došlo s odloupením fólie i k odloupení barvové vrstvy. U vzorků z tiskového stroje Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF) došlo k celkovému zhoršení adheze laminační fólie oproti vzorkům, které tuto úpravu nemají.

V Tabulce 5 jsou hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie všech vzorků při rychlosti laminace 20 m/min. Jelikož byly testovány nejdříve vzorky 24 hodin po laminaci a jejich hodnoty adheze byly obecně velmi nízké, bylo vyhodnoceno, že se budou dále testovat 1 hodinu po laminaci pouze ty vzorky, které měly nejvyšší hodnotu hmotnosti potřebné k odtržení laminovací fólie. Jsou to vzorky ze strojů Canon imagePRESS C710 a Xeikon 8000. Nicméně při tomto testování bylo zjištěno, že takřka ve všech případech došlo k výraznému zhoršení adheze laminační fólie k potištěnému kartonu (ve srovnání s rychlostí laminace 10 m/min) a pro tento typ fólie není rychlost laminace 20 m/min vhodná. Výjimkou jsou zmíněné vzorky z tiskových strojů Canon imagePRESS C710 a Xeikon 8000, u kterých jsou hodnoty adheze pro obě rychlosti srovnatelné nebo jen nepatrně nižší. Při porovnání změny adheze po 24 hodinách a 14 dnech došlo ve všech případech k mírnému nárůstu hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie, a tedy k navýšení adheze.



Obrázek 18: a) vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem (vpravo) i bez (vlevo) testované 1 hodinu po laminaci b) vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru testované zleva 1 hodinu po laminaci, prostřední 24 hod po laminaci a zprava 14 dní po laminaci c) vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru s upraveným povrchovým napětím koronovým výbojem testované zleva 1 hodinu po laminaci, zprava 24 hod po laminaci

Tabulka 4: Porovnání průměrných hodnot hmotnosti potřebných k odtržení laminovací fólie Derprosa™ Matte Premier pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)

Tiskový stroj	1 hod po laminaci					24 hod po laminaci					14 dní po laminaci				
	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.			
Canon imagePRESS C710	703	1016	907	76	820	1044	944	55	809	1040	967	53			
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	587	903	768	69	765	948	861	35	750	800	845	40			
Xerox c1000i	405	634	504	45	423	634	511	49	346	766	479	19			
Xelkon 8000	517	673	588	43	623	771	716	43	657	803	743	37			
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	687	930	824	44	720	929	835	50	635	967	875	33			
Xerox Color C75 Press	755	999	837	65	789	1027	907	62	862	1116	991	60			
Xerox Iridesse Production Press	336	749	455	83	343	1175	743	71	510	1067	660	67			
HP Indigo Press WS6800	248	330	294	12	169	257	209	21	181	266	222	15			
HP Indigo Press WS6800 (primer)	přetržená laminací fólie				176	241	204	10	189	272	225	14			
Úprava koronovým výbojem															
Canon imagePRESS C710	781	1068	954	72	823	1038	938	54	-	-	-	-			
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	159	446	269	72	135	401	241	64	230	569	375	68			
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	570	868	719	62	574	928	764	70	-	-	-	-			
HP Indigo Press WS6800	270	337	308	51	426	495	465	17	-	-	-	-			
HP Indigo Press WS6800 (primer)	39	1358	552	50	přetržená laminací fólie				-	-	-	-			

Tabulka 5: Porovnání průměrných hodnot hmotnosti potřebných k odtržení laminovací fólie Derprosa™ Matte Premier pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 20 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)

Tiskový stroj	1 hod po laminaci					24 hod po laminaci					14 dní po laminaci				
	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.			
Canon imagePRESS C710	580	794	702	44	683	714	828	44	837	1053	978	54			
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	-	-	-	-	26	45	32	5	44	66	52	5			
Xerox c1000i	-	-	-	-	9	33	18	6	33	52	40	4			
Xelkon 8000	430	560	501	36	540	707	635	43	621	773	710	35			
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	-	-	-	-	32	71	46	7	54	86	66	5			
Xerox Color C75 Press	-	-	-	-	67	113	86	7	83	123	101	8			
Xerox Iridesse Production Press	-	-	-	-	7	33	10	4	27	42	32	4			
HP Indigo Press WS6800	-	-	-	-	61	124	87	14	82	168	117	11			
HP Indigo Press WS6800 (primer)	-	-	-	-	68	130	96	15	114	199	151	16			
Úprava koronovým výbojem															
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	52	95	71	8	41	79	57	9	-	-	-	-			

Testování adheze laminační fólie k jednotlivým barvám CMYK se dělalo jen při rychlosti 10 m/min, protože při rychlosti 20 m/min měly vzorky (zelené proužky) velmi nízkou adhezi laminace, dále byl omezený počet vzorků a čas na měření. Ze stejných důvodů (čas a omezený počet vzorků) byl test proveden pouze pro jednu laminační fólii (Derprosa™ Matte Premier). V Tabulce 6 jsou znázorněny průměrné, maximální a minimální hodnoty hmotnosti odtrhu jednotlivých barevných odstínů (CMYK) potřebných k odtržení laminační fólie Derprosa™ Matte Premier. Největší adhezi laminační fólie ve všech barevných odstínech (CMYK) měly vzorky z tiskového stroje Canon imagePRESS C710 v obou časových intervalech (1 hod. po laminaci a 14 dní po laminaci). Vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez měly adhezi laminační fólie po 14 dnech od laminace výrazně horší než ostatní tiskové technologie, dokonce u vzorku s primerem docházelo ke zhoršení adheze laminace po 14 dnech, a to u barev azurové, žluté a černé. Jedním z důvodů může být nedostatečná laminace, nebo u vzorků těchto barev dochází postupem času k zhoršení adheze barvy k laminační fólii. Vzorky z tiskového stroje Xerox Iridesse Production Press měly 1 hodinu po laminaci nízkou adhezi laminační fólie, ale po 14 dnech se adheze natolik zvýšila, že docházelo k přetržení laminační fólie. Purpurová barva má po 1 hodině od laminace výrazně horší adhezi laminační fólie než barvy C, Y, K (pro všechny tiskové technologie s výjimkou tiskového stroje Xeikon 8000). Po 14 dnech došlo u purpurové barvy k výraznému nárůstu adheze laminační fólie a hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení jsou srovnatelné s barvami C, Y, K (vždy pro danou tiskovou technologii).

Tabulka 6: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie Derprosa™ Matte Premier pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny barevné proázky barev CMYK)

1 hodina po laminaci	Azurová				Purpurová				Žlutá				Černá				
	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	
Canon ImagePRESS C710	808	1038	917	60													
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPP)	186	458	285	71	26	45	32	45	662	982	819	83	606	994	787	101	
Xerox c1000i	114	236	171	50	9	33	18	67	270	490	366	79	290	548	407	12	
Xeikon 8000	642	770	710	27	540	707	635	19	652	766	714	18	646	798	726	41	
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	238	604	398	84													
Xerox Color C75 Press	372	494	438	24	67	113	86	43	596	762	668	33	328,0	498,0	426,0	43	
Xerox Iridesse Production Press	168	302	227	64	7	33	10	40	244	504	351	64	71,0	248,0	165,5	31	
HP Indigo Press WS6800	194	260	226	10	61	124	87	17	188	250	214	13	254,0	344,0	299,5	18	
HP Indigo Press WS6800 (primer)	360	442	408	21	68	130	96	17	312	408	361	13	352,0	442,0	406,0	14	
14 dní po laminaci																	
Canon ImagePRESS C710	892	1086	1010	49	876	1076	1000	46	938	1128	1048	45	1017	1238	1138	54	
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPP)	574	894	729	34	550	760	669	25	846	1046	965	33	856	1060	978	33	
Xerox c1000i	360	512	423	31	452	572	513	24	564	720	647	32	580	752	672	37	
Xeikon 8000	680	794	736	26	688	782	736	22	740	832	785	18	708	828	779	33	
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	892	1072	995	37	868	992	927	29	658	1004	875	39	894	1042	976	30	
Xerox Color C75 Press	664	822	738	48	680	844	759	28					786	972	875	786	
Xerox Iridesse Production Press																	
HP Indigo Press WS6800	190	264	225	18					198	284	233	25	240	320	279	23	
HP Indigo Press WS6800 (primer)	188	244	217	9	180	236	207	9	202	280	242	13	213	342	278	18	

Testování adheze laminační fólie jednotlivých barev R, B, přetiskové černé a vzorku s více odstíny se dělalo jen při rychlosti 10 m/min, protože při rychlosti 20 m/min měly vzorky obecně velmi nízkou adhezi laminace. V Tabulce 7 jsou znázorněny průměrné, maximální a minimální hodnoty hmotnosti jednotlivých barevných odstínů (přetiskové černé, červené, modré a proužku s různými odstíny barev) potřebných k odtržení laminační fólie Derprosa™ Matte Premier. Nejvyšší adhezi laminační fólie ve všech barevných tonerech (R, B, přetisková černá a proužek s různými odstíny barev) měly vzorky z tiskového stroje Canon imagePRESS C710 v obou časových intervalech (1 hod. po laminaci a 14 dní po laminaci). Nejnižší adhezi měly vzorky z tiskového stroje Xerox Iridesse Production Press především v barvě modré a červené. Po 14 dnech u těchto vzorků došlo k výraznému nárůstu adheze a vzorky z tohoto tiskového zařízení mají adhezi srovnatelnou s většinou testovaných vzorků ostatních tiskových technologií (taktéž jako u barev CMYK). U přetiskové černé po 1 hodině od laminace měly nejnižší adhezi vzorky z tiskových strojů Iridesse Production Press a Xerox c1000i, kde také po 14 dnech došlo k nárůstu adheze laminační fólie. Hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie u přetiskové černé barvy byly nižší než u procesní černé (Tabulka 6). Po 14 dnech od laminace měli z testovaných tiskových strojů nejhorší adhezi vzorky ze stroje HP Indigo Press WS6800 (s primerem i bez primeru) a při srovnání odstínů (R, B a přetisková černá) se hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie výrazně neliší. Pouze proužky s různými odstíny barev mají celkově vyšší adhezi laminační fólie než ostatní barvy (R, B a přetisková černá) a dochází zde po 14 dnech k vysokému nárůstu adheze laminační fólie, při kterém došlo k přetržení laminační fólie téměř u všech vzorků (pro danou tiskovou technologii).

Celkově nejlepší/nejvyšší adhezi laminační fólie Derprosa™ Matte Premier u všech barevných odstínů (C, M, Y, K, R, B, přetisková černá a proužek s více odstíny barev) měly vzorky z tiskového stroje Canon imagePRESS C710. Naopak nejnižší adhezi s touto laminační fólií ve všech barevných odstínech (C, M, Y, K, R, B, přetisková černá a proužek s různými odstíny barev) měly vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 (s primerem i bez primeru). Vzorky ze stroje Iridesse Production Press mají vyšší adhezi srovnatelnou s většinou testovaných vzorků ostatních tiskových technologií až po 14 dnech. Purpurová barva, která měla po 1 hodině velmi nízkou adhezi nijak neovlivnila výsledky barev R a B (také po 1 hodině), které jsou vytvořeny přetiskem.

Tabulka 7: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie Derprosa™ Matte Premier pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny barevné proužky barev červené, modré, přetiskové černé a proužek s různými odstíny barev)

1. hodina po laminaci	Červená					Modrá					Přetisková černá					Proužek s různými odstíny barev				
	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.		min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.		min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.		min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	
Canon ImagePRESS C710	722	988	872	68		804	1040	939	69		420	772	576	92		144	1056	634	92	
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	188	502	310	78		102	234	148	43		přetržená lamináční fólie	772	576	92		144	1056	634	92	
Xerox c10001	168	410	295	71		94	256	165	44		86	234	144	11		150	339	343	134	
Xelkon 8000	446	610	537	43		466	638	564	46		554	712	640	46		132	496	318	130	
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	318	782	517	114		368	762	537	97		přetržená lamináční fólie	680	554	76		536	1040	812	131	
Xerox Color C75 Press	140	310	220	29		258	468	377	42		334	680	554	76		458	844	658	114	
Xerox Irisdesse Production Press	72	200	124	30		58	138	89	18		98	244	157	35		180	824	452	190	
HP Indigo Press WS6800	196	284	235	24		206	304	247	28		196	282	235	21		260	716	454	126	
HP Indigo Press WS6800 (primer)	216	364	271	29		212	338	260	29		226	180	277	36		216	1024	486	225	
14 dní po laminaci																				
Canon ImagePRESS C710	822	1034	952	49		854	1070	988	48		910	1162	1057	56		890	1226	1029	82	
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	578	948	747	47		514	804	649	54		718	1010	889	33		890	1226	1029	82	
Xerox c10001	234	350	277	31		248	354	305	36		320	428	361	20		přetržená lamináční fólie				
Xelkon 8000	592	732	673	36		622	778	710	40		690	844	777	40		přetržená lamináční fólie				
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	396	696	521	55		560	842	710	62		786	1002	892	33		686	1182	916	98	
Xerox Color C75 Press	422	640	509	73		588	820	700	67		přetržená lamináční fólie	892	777	40		přetržená lamináční fólie				
Xerox Irisdesse Production Press	508	676	603	31		452	592	528	30		384	554	452	26		přetržená lamináční fólie				
HP Indigo Press WS6800	202	376	267	51		190	340	247	36		184	330	239	41		přetržená lamináční fólie				
HP Indigo Press WS6800 (primer)	194	376	261	38		176	310	228	26		186	326	241	23		přetržená lamináční fólie				

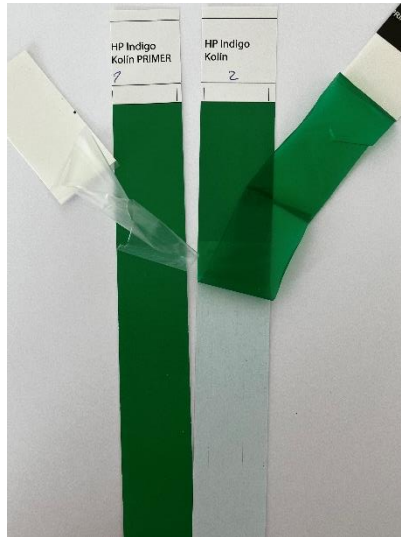
3.4 Adheze laminační fólie PKCOO BOPP Thermal laminating Film

V této kapitole jsou uvedeny výsledky měření adheze laminační fólie PKCOO BOPP Thermal laminating Film (dále jen PKCOO BOPP). Z Tabulky 8 (porovnání vzorků při rychlosti laminace 10 m/min) je patrné, že se zvyšujícím se časem testování se zvyšuje hodnota hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie od substrátu u všech tiskových strojů (dochází k nárůstu adheze laminační fólie). U tohoto typu laminační fólie nedošlo k žádnému přetržení laminační fólie. Nejvyšší hodnotu hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie mají vzorky z tiskových strojů Xerox c1000i a Xerox Iridesse Production Press ve všech třech testovaných časových odstupech. Vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem mají vyšší hodnotu hmotnosti potřebnou k odtržení laminační fólie než vzorky bez primeru, které měly ve všech třech testovaných časových odstupech nejnižší hodnoty adheze. Primer zvýšil adhezi barvy k substrátu taktéž jako tomu bylo u fólie Derprosa™ Matte Premier. Díky tomu nedocházelo u těchto vzorků k ulpění/strhávání barvy při testování na laminovací fólii jako tomu bylo u vzorku HP Indigo Press WS6800 bez primeru (viz Obrázek 19). U vzorku bez primeru se adheze barvy k substrátu postupem času mírně zlepšovala (viz Obrázek 20). Obecně jsou naměřené hodnoty hmotnosti potřebné pro odtržení laminační fólie pro všechny tiskové stroje podobné až na zmíněné vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru, který měl hodnoty nižší.

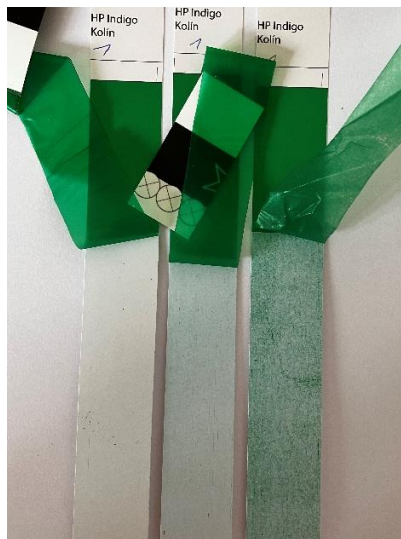
Úprava koronovým výbojem (viz Tabulka 8) zlepšila mírně adhezi takřka u všech vzorků a nejvýrazněji pak u vzorků z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem. Nejmenší hodnotu hmotnosti potřebnou k odtržení laminační fólie měly vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru, kde došlo naopak k mírnému poklesu adheze ve srovnání se vzorky, které nebyly koronovány.

Při zvýšení rychlosti laminace na 20 m/min došlo ke snížení hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie (viz Tabulka 9) u všech testovaných vzorků pro všechny časové odstupy. Pokles adheze však není tak výrazný, jako tomu bylo u laminační fólie Derprosa™ Matte Premier. Stejně jako u rychlosti laminace 10 m/min i zde platí, že s rostoucím odstupem od laminace adheze roste. Hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení byly u všech typů vzorků podobné, pouze vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru měly výrazně nižší adhezi.

U této laminační fólie měly vzorky ve všech testech nízkou hodnotu směrodatné odchylky (nedocházelo k větším výkyvům v naměřených výsledcích pro jednotlivé vzorky).



Obrázek 19: Vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem (vlevo) i bez (vpravo) testované 1 hodinu po laminaci



Obrázek 20: Vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru testované zleva 1 hodinu po laminaci, uprostřed 24 hod po laminaci a zprava 14 dní po laminaci

Tabulka 9: Porovnání průměrných hodnot hmotnosti potřebných k odtržení laminovací fólie PKCOO BOPP pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace 20 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)

Tiskový stroj	1 hod po laminaci					24 hod po laminaci					14 dní po laminaci				
	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	s. o.
Canon imagePRESS C710	486	535	515	13	13	552	608	584	12	12	634	680	660	13	13
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	514	574	541	17	17	574	628	600	16	16	765	821	792	17	17
Xerox c1000i	531	663	600	26	26	638	730	687	16	16	761	825	797	18	18
Xelkon 8000	420	495	459	18	18	509	620	576	26	26	571	728	677	26	26
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	506	547	527	9	9	581	615	596	8	8	712	762	735	10	10
Xerox Color C75 Press	371	466	415	29	29	433	533	484	28	28	606	785	696	29	29
Xerox Iridesse Production Press	547	678	612	38	38	622	768	697	39	39	720	870	799	38	38
HP Indigo Press WS6800	257	347	306	23	23	289	392	340	26	26	428	486	459	27	27
HP Indigo Press WS6800 (primer)	481	550	518	20	20	558	640	601	23	23	706	789	749	24	24
Úprava koronovým výbojem															
Canon imagePRESS C710	517	569	545	12	12	569	614	595	10	10	-	-	-	-	-
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	585	628	604	9	9	639	683	657	8	8	-	-	-	-	-
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	538	616	575	16	16	600	665	635	14	14	-	-	-	-	-
HP Indigo Press WS6800	244	292	269	12	12	278	332	304	11	11	-	-	-	-	-
HP Indigo Press WS6800 (primer)	995	1114	1057	16	16	1037	1163	1108	35	35	-	-	-	-	-

Tabulka 8: Porovnání průměrných hodnot hmotnosti potřebných k odtržení laminovací fólie PKCOO BOPP pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)

Tiskový stroj	1 hod po laminaci					24 hod po laminaci					14 dní po laminaci				
	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	s. o.
Canon imagePRESS C710	338	426	406	13	13	424	450	438	5	5	472	522	499	11	11
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	385	423	402	9	9	429	488	462	16	16	542	590	565	13	13
Xerox c1000i	300	435	372	25	25	481	586	548	18	18	432	601	444	17	17
Xelkon 8000	313	371	345	13	13	440	497	474	13	13	468	622	560	13	13
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	368	408	387	8	8	422	486	458	15	15	499	547	523	14	14
Xerox Color C75 Press	309	376	345	18	18	350	395	376	11	11	434	542	494	12	12
Xerox Iridesse Production Press	442	537	494	27	27	459	549	513	21	21	524	646	589	21	21
HP Indigo Press WS6800	171	259	218	18	18	205	242	227	8	8	228	318	272	10	10
HP Indigo Press WS6800 (primer)	397	475	439	24	24	421	466	447	7	7	471	574	523	10	10

Testování adheze laminace vzorků upravených UV zářením se dělalo jen při rychlosti 10 m/min, a to z důvodu omezeného počtu vzorků a času na měření. Toto testování bylo provedeno pouze pro laminační fólii PKCOO BOPP. Upravené vzorky UV zářením měly výrazně vyšší hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie PKCOO BOPP, než vzorky bez úpravy se stejnou laminační fólií (viz Tabulka 10). Průměrné hodnoty hmotnosti potřebné pro odtržení u vzorků neupravovaných UV zářením se pohybovaly v rozsahu 340–697 g po 24 hodinách od laminace a u vzorků ošetřených UV zářením pak v rozsahu 694–1596 g po 24 hodinách s výjimkou vzorku z tiskového stroje HP Indigo WS6800 bez primeru, který měl nižší adhezi s úpravou UV zářením (345 g po 24 hodinách). Nejvyšší adhezi měly vzorky Xerox Iridesse Production Press (1595 g po 24 hodinách), Xerox c1000i (1322 g po 24 hodinách) a Xerox Color C75 Press (1022 g po 24 hodinách). Naměřené hodnoty pro časový odstup od laminace 1 hod. a 24 hod. jsou ve většině případů podobné (rozdíl je v rámci chyby měření).

Tabulka 10: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie PKCOO BOPP od vzorků upravených UV zářením pro jednotlivé tiskové technologie, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku (hodnoceny zelené proužky)

Tiskový stroj	1 hod po laminaci				24 hod po laminaci			
	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.
Canon imagePRESS C710	819	930	870	30	827	949	907	35
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	778	1021	929	43	859	1054	1000	33
Xerox c1000i	1152	1473	1334	59	1127	1431	1322	54
Xeikon 8000	596	726	673	31	629	732	694	21
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	667	908	812	53	738	1015	903	54
Xerox Color C75 Press	951	1135	1046	33	942	1096	1022	21
Xerox Iridesse Production Press	1075	1787	1526	78	1388	1659	1595	54
HP Indigo Press WS6800	237	311	279	18	303	370	345	15
HP Indigo Press WS6800 (primer)	625	719	661	24	695	825	768	29

Na výsledek adheze laminace má také vliv výběr substrátu. Testování adheze laminační fólie k nepotištěným kartonům se dělalo jen při rychlosti 10 m/min, a to z důvodu omezeného počtu vzorků a času měření. Toto testování bylo prováděno až na konci testů a k dispozici byla už pouze laminační fólie PKCOO BOPP. Dle Tabulky 11 je patrné, že všechny substráty mají vyšší hodnotu hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie než potištěné vzorky. Důvodem je nános barvy na substrátu. Nejmenší adhezi mají substráty Color Copy 250 g/m² (484 g po 14 dnech), který byl použit pro tiskový stroj Xeikon 8000 a Color Copy 300 g/m² (661 g po 14 dnech), který byl použit pro tiskový stroj Xerox Color C75 Press. To může mít za následek také horší adhezi toneru k laminační fólii. Ostatní substráty mají srovnatelné hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie ve všech testovaných časových odstupech a naměřené hodnoty přesahují 1000 g.

Tabulka 11: Porovnání průměrných hodnot hmotností potřebných k odtržení laminovací fólie PKCOO BOPP od jednotlivých nepotištěných kartonů, různé časové odstupy od laminace a rychlost laminace 10 m/min, s. o. značí směrodatnou odchylku

Substrát	1 hod po laminaci				24 hod po laminaci				14 dní po laminaci			
	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.	min [g]	max [g]	průměr [g]	s. o.
Top Coated Graphic Silk	982	1127	1074	41	1036	1169	1120	34	1086	1246	1183	44
MultiArt Silk	1002	1150	1093	39	1106	1239	1193	34	1139	1380	1280	68
Color Copy 250 g/m	448	631	561	37	476	655	590	35	339	593	484	48
MultiArt Silk Matt	984	1147	1083	42	1091	1198	1161	25	1080	1214	1175	34
Color Copy 300 g/m	542	682	620	27	619	781	714	28	550	737	661	33
Color Copy Coated	1059	1167	1128	28	1073	1199	1150	34	1141	1307	1227	47
MC Elite 2S-200 FSC	1031	1040	1128	38	1096	1231	1183	33	1143	1308	1239	41

3.5 Porovnání výsledků

Rychlost laminace 10 m/min

Po jedné hodině od laminace měly u laminační fólie Derprosa™ Matte Premier vysokou adhezi vzorky z tiskových strojů Canon imagePRESS, Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF), Xerox Color C75 Press a Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG). Naproti tomu u laminační fólie PKCOO BOPP měly vysokou adhezi vzorky z tiskových strojů Xerox c1000i a Xerox Iridesse Production Press. Vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez a měly lepší výsledky adheze laminace u laminační fólie PKCOO BOPP a horší výsledky adheze laminace u laminační fólie Derprosa™ Matte Premier. Celkově nejlepší výsledky adheze laminace po 14 dnech od laminace s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier měly vzorky z tiskových strojů Canon imagePRESS, Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF), Xerox Color C75 Press a Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG) a Xeikon 8000. Oproti tomu celkově nejlepší výsledky adheze laminace po 14 dnech od laminace s laminační fólií PKCOO BOPP měly vzorky z tiskových strojů Xerox c1000i, Xerox Iridesse Production Press a HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez primeru. Žádný ze vzorků z daného tiskového stroje neměl výborné výsledky adheze laminace u obou laminačních fólií. Vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP mají velmi vyrovnané hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení (kromě vzorku z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru). Naopak vzorky s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier mají větší rozdíly adheze laminace a také větší rozptyl směrodatných odchylek než u vzorků s laminační fólií PKCOO BOPP.

Vzorky z tiskových strojů Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF) a Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG) mají u obou laminačních fólií velmi podobnou adhezi ve všech časových intervalech, pouze u laminační fólie PKCOO BOPP mají nepatrně vyšší adhezi vzorky z tiskového stroje Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF) po 14 dnech od laminace. Důvodem může být typ použitého kartonu, kdy po 14 dnech od laminace má

samotný nepotištěný karton MultiArt Silk (použit pro tiskárnu Konica-Minolta Accurio Press c3070 KPF) nepatrně vyšší adhezi než MultiArt Silk Matt (Tabulka 11).

Vzorky upravené koronovým výbojem z tiskových strojů Canon imagePRESS C710, HP Indigo Press WS6800 bez primeru a Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG) měly vyšší hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier než s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal laminating Film. U vzorků z tiskových strojů Konica-Minolta Accurio Press c3070 a HP Indigo Press WS6800 s primerem tomu bylo naopak, vyšší adhezi měly u laminační fólie PKCOO BOPP.

Rychlost laminace 20 m/min

S laminační fólií Derprosa™ Matte Premier nedocházelo při této rychlosti k dobrému počátečnímu přichycení fólie ke vzorku. Díky tomu mají takřka všechny vzorky velmi nízkou adhezi laminační fólie i po 14 dnech od laminace. Pouze vzorky z tiskových strojů Canon imagePRESS C710 a Xeikon 8000 měly výrazně vyšší hodnotu adheze laminační fólie než ostatní tiskové technologie. Tato rychlost laminace je tedy nevhodná pro laminační fólii Derprosa™ Matte Premier takřka u všech vzorků. Naopak vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP mají při této rychlosti laminace o řád vyšší hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie (ve srovnání s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier), i když i zde celkově platí, že došlo k poklesu adheze se zvýšením laminační rychlosti z 10 na 20 m/min (průměrné snížení adheze se pohybuje v rozmezí 17–44 %). Naměřené hodnoty jsou si pro všechny tiskové technologie blízké (444–589 g po 14 dnech od laminace) s výjimkou vzorku z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru, který má nižší adhezi při této rychlosti laminace (272 g po 14 dnech od laminace).

3.6 Měření barvové odchylky $\Delta E^*_{a,b}$

Vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP (viz Tabulka 12) měly nižší hodnoty barvové odchylky (ve většině případů se pohybují do hodnoty $\Delta E^*_{a,b}$ 3) než vzorky s fólií Derprosa™ Matte Premier (viz Tabulka 13). Výjimkou jsou vzorky z tiskového stroje Xeikon 8000, který má s laminační fólií PKCOO BOPP výrazně vyšší hodnoty barvové odchylky než ostatní tiskové stroje, a naopak s fólií Derprosa™ Matte Premier má hodnoty barvové odchylky nejlepší (nejnižší ve srovnání s ostatními tisk. stroji). Barvové odchylky u laminační fólie Derprosa™ Matte Premier jsou větší, pohybují se v rozsahu 2,7–12,2 (s výjimkou zmíněného stroje Xeikon 8000, kde se barvová odchylka pohybuje v rozsahu 0,7–1,9). Azurové vzorky s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier měly nejnižší

hodnoty barvové odchylky, a naopak černé vzorky měly hodnoty barvové odchylky nejvyšší. Barvová odchylka se s delším časovým odstupem od laminace nepatrně zvyšovala nebo zůstávala podobná u obou laminačních fólií. Čím je vyšší hodnota barvové odchylky, tím je výraznější barevná změna oproti vzorkům, které nejsou opatřeny laminační fólií. Důvodem barevné změny může být charakter fólie, zda je matná či lesklá nebo dále typ použitého lepidla, které může mít barevný nádech a dále reagovat s tonerem, a tím ovlivnit barevný odstín. K barevné změně po delší době přispívá rovněž světlostálost jednotlivých výtisků. Souřadnice barvového prostoru CIE Lab (před laminací, 1 hodinu po laminaci a 14 dní po laminaci) jsou zaznamenány pro obě laminační fólie a všechny tiskové stroje v Přílohách 1–4 (Příloha 1– azurová barva, Příloha 2– purpurová barva, Příloha 3– žlutá barva, Příloha 4– černá barva).

*Tabulka 12: Barvová odchylka $\Delta E^*_{a,b}$ jednotlivých vzorků s laminovací fólií PKCOO BOPP při rychlosti laminace 10 m/min*

Tiskový stroj	Azurová		Purpurová		Žlutá		Černá	
	1 hod.	14 dní	1 hod.	14 dní	1 hod.	14 dní	1 hod.	14 dní
Canon imagePRESS C710	0,8	5,1	3,4	3,9	1,6	2,4	0,7	1,7
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	0,8	0,9	0,7	1,1	0,8	0,9	3,5	3,7
Xerox c1000i	2,6	2,7	2,3	3,2	1,6	1,8	2,9	3,4
Xeikon 8000	4,1	4,1	6,1	6,1	7,8	7,9	10,4	10,5
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	1,0	5,9	0,8	6,7	0,8	3,7	2,5	2,9
Xerox Color C75 Press	0,9	0,9	1,2	1,6	2,4	2,4	3,0	3,2
Xerox Iridesse Production Press	2,3	2,4	1,0	1,3	2,5	2,7	1,3	1,5
HP Indigo Press WS6800	1,4	1,6	0,4	0,5	0,7	0,8	2,5	2,7
HP Indigo Press WS6800 (primer)	0,8	0,9	1,5	1,6	0,7	0,8	0,9	1,3

*Tabulka 13: Barvová odchylka $\Delta E^*_{a,b}$ jednotlivých vzorků s laminovací fólií Derprosa™ Matte Premier při rychlosti laminace 10 m/min*

Tiskový stroj	Azurová		Purpurová		Žlutá		Černá	
	1 hod.	14 dní	1 hod.	14 dní	1 hod.	14 dní	1 hod.	14 dní
Canon imagePRESS C710	3,5	4,2	6,7	6,9	7,8	8,1	11,8	12,2
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	3,8	4,4	4,9	5,6	5,9	6,0	8,0	9,2
Xerox c1000i	4,0	4,8	4,1	4,9	7,5	8,3	7,7	8,9
Xeikon 8000	1,0	1,1	0,7	1,6	1,3	1,8	1,2	1,8
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	3,6	4,1	4,9	5,9	5,9	6,7	8,8	10,1
Xerox Color C75 Press	2,7	3,0	3,8	4,5	4,7	4,8	4,4	6,9
Xerox Iridesse Production Press	2,9	2,9	4,4	4,8	6,9	7,4	10,2	11,3
HP Indigo Press WS6800	3,0	3,3	3,9	4,4	5,1	5,4	7,4	8,4
HP Indigo Press WS6800 (primer)	3,3	3,5	3,9	4,3	4,4	4,7	7,4	8,8

3.7 Rýhování vzorků a odolnosti vůči ohybu

V této kapitole jsou uvedeny výsledky testování rýhování a odolnosti vůči ohybu v místě rýhy. Testovány byly Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP laminační fólie. Pro testování byly využity laminované archy s barvami C, M, Y, K, R, B a přetiskové černé. Odstíny C, M, Y, K, se chovali při testování podobně, jsou tedy vyhodnoceny v tabulkách společně. Rovněž odstíny R, B a přetisková černá se chovali při testování podobně. Vzorky byly testovány s různým časovým odstupem z důvodu odlehlosti pracovišť, kde se laminovalo a testovala adheze a kde se testovalo rýhování a odolnost vůči ohybu. V Tabulce 14 jsou hodnoceny vzorky s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier. Při rychlosti laminace 10 m/min byly pozorovány defekty v místě rýhy u 4 technologií z 9. Barvy C, M, Y, K měly lepší odolnost vůči mechanickému namáhání než barvy R, B a přetisková černá. Důvodem je větší nános barvy oproti vzorkům tištěných pouze azurovou, purpurovou, žlutou nebo černou barvou. Vzorky s rychlostí laminace 20 m/min mají výraznější defekty laminační fólie v místě rýhy než vzorky s rychlostí laminace 10 m/min a lze je pozorovat u všech tiskových technologií s výjimkou tiskového stroje Xeikon 8000. K dalšímu nárůstu defektů došlo při ohybu laminovaného vzorku v místě rýhy o 180°. Úprava koronovým výbojem nijak nezlepšila odolnost vůči ohybu v místě rýhy, pouze u vzorků z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez primeru došlo ke zlepšení odolnosti.

Méně defektů při rýhování a následném ohybu o 180° mají vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP (oproti Derprosa™ Matte Premier) v místě rýhy. Při rýhování u fólie PKCOO BOPP nedošlo u žádného ze vzorků k poškození/defektu (viz Tabulka 15). Vzorky z tiskového stroje Xeikon 8000 měly nejlepší výsledky u obou fólií, nedošlo u nich k žádnému defektu při rýhování ani ohybu. U laminační fólie PKCOO BOPP měly také dobré výsledky (minimální defekty) vzorky z tiskových strojů HP Indigo Press WS6800 s primerem a Xerox Iridesse Production Press. Větší defekty u této fólie měly vzorky z tiskového stroje Konica-Minolta Accurio Press c3070. Vyšší míra defektů laminační fólie PKCOO BOPP byla zaznamenána v nejkratším odstupu od laminace v ohybu, především u barev červené, modře a přetiskové černé. Důvodem je kratší doba od laminace a větší nános barev oproti barvám azurové, purpurové, žluté nebo černé. Vzorky, jejichž povrch byl upraven koronovým výbojem u fólie PKCOO BOPP nemají žádné defekty v místě rýhy po mechanickém namáhání (Tabulka 15).

Dále byla testována odolnost vůči rýhování a ohybu všech nepotištěných substrátů s fólií PKCOO BOPP. Bylo zjištěno, že při mechanickém namáhání (rýhování a ohyb) nedošlo ke vzniku žádného defektu jako je stříbření v místě rýhy, delaminaci apod. (viz Tabulka 16).

Tabulka 14: Hodnocení kvality rýhování a ohybu v místě rýhy jednotlivých vzorků s laminovací fólií Derprosa™ Matte Premier (black značí přetiskovou černou barvu)

Tiskový stroj	10 m/min (1 měsíc a 13 dní po laminaci)				20 m/min (1 měsíc po laminaci)			
	Rýhování		Ohyb		Rýhování		Ohyb	
	CMYK	RB+black	CMYK	RB+black	CMYK	RB+black	CMYK	RB+black
Canon imagePRESS C710	0	0	0	0	0	0	0	1
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	0	1	2	3	2	3	2	4
Xerox c1000i	0	0	0	1	0	0	2	3
Xeikon 8000	0	0	0	0	0	0	0	0
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	0	0	0	0	0	0	2	3
Xerox Color C75 Press	0	0	0	0	0	0	1	1
Xerox Iridesse Production Press	0	0	0	0	0	1	2	1
HP Indigo Press WS6800	0	0	2	4	0	0	3	4
HP Indigo Press WS6800 (primer)	0	0	1	3	0	0	3	4
Úprava koronovým výbojem								
Canon imagePRESS C710	0	0	1	1	-	-	-	-
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	0	0	2	4	-	-	-	-
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	0	0	0	0	-	-	-	-
HP Indigo Press WS6800	0	0	1	1	-	-	-	-
HP Indigo Press WS6800 (primer)	0	0	0	0	-	-	-	-

Tabulka 15: Hodnocení kvality rýhování a ohybu v místě rýhy jednotlivých vzorků s laminovací fólií PKCOO BOPP (black značí přetiskovou černou barvu)

Tiskový stroj	10 m/min (21 dní po laminaci)				10 m/min (6 dní po laminaci)				20 m/min (21 dní po laminaci)			
	Rýhování		Ohyb		Rýhování		Ohyb		Rýhování		Ohyb	
	CMYK	RB+black	CMYK	RB+black	CMYK	RB+black	CMYK	RB+black	CMYK	RB+black	CMYK	RB+black
Canon imagePRESS C710	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	0	0	0	1	0	0	2	2	0	0	2	1
Xerox c1000i	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
Xeikon 8000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Xerox Color C75 Press	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Xerox Iridesse Production Press	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
HP Indigo Press WS6800	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
HP Indigo Press WS6800 (primer)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Úprava povrchu UV zářením												
Canon imagePRESS C710	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
Xerox c1000i	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
Xeikon 8000	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
Xerox Color C75 Press	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
Xerox Iridesse Production Press	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
HP Indigo Press WS6800	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-
HP Indigo Press WS6800 (primer)	-	-	-	-	0	0	0	0	-	-	-	-

Tabulka 16: Hodnocení kvality rýhování a ohybu v místě rýhy jednotlivých nepotištěných kartonů s laminovací fólií PKCOO BOPP při rychlosti laminace 10 m/min

Substrát	10 m/min (6 dní po laminaci)	
	Rýhování	Ohyb
Top Coated Graphic+ Silk	0	0
MultiArt Silk	0	0
Color Copy 250 g/m	0	0
MultiArt Silk Matt	0	0
Color Copy 300 g/m	0	0
Color Copy Coated	0	0
MC Elite 2S-200 FSC	0	0

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo hodnotit kvalitu laminace a adhezi laminační fólie k elektrofotografickým tiskům v závislosti na rychlosti laminace a časovém odstupu od laminace. K měření byly využity dvě laminační fólie Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal Laminating Film. Rychlost laminace byla 10 m/min a 20 m/min, aplikační teplota byla konstantní pro všechny měření (120 °C) a taktéž tlak byl konstantní (400 kPa). Adheze laminační fólie byla hodnocena peel testem. Hodnotily se průměrné hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie v časech 1 hodina, 24 hodin a 14 dní po laminaci.

Z měření vyplynulo, že na adhezi laminační fólie má vliv rychlost laminace. Při rychlosti 10 m/min se u laminační fólie Derprosa™ Matte Premier hmotnost potřebná k odtrhu pohybovala v rozsahu 479–991 g po 14 dnech od laminace (vyjma vzorků z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem i bez primeru, které měly hodnotu hmotnosti potřebnou k odtrhu v rozsahu 222–225 g). Při rychlosti 20 m/min u této laminační fólie došlo k výraznému poklesu hmotnosti potřebné k odtrhu (32–151 g), takřka u všech tiskových strojů, vyjma vzorků z tiskových strojů Canon imagePRESS C710 a Xeikon 8000, které měly adhezi srovnatelnou jako při rychlosti 10 m/min. Vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal Laminating Film mají při rychlosti laminace 20 m/min o řád vyšší hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení laminační fólie než vzorky s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier, i když i zde celkově platí, že došlo k poklesu adheze se zvýšením laminační rychlosti z 10 m/min na 20 m/min (průměrné snížení adheze se pohybuje v rozmezí 17–44 %).

Nejllepší adhezi po 14 dnech od laminace s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier při rychlosti laminace 10 m/min mají vzorky z tiskových strojů Canon imagePRESS C710, Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG), Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF) a Xerox Color C75 Press. Vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal Laminating Film mají srovnatelně vysokou adhezi laminační fólie, vyjma vzorků ze stroje HP Indigo Press WS6800 bez primeru.

Následně byly vzorky podrobeny povrchové úpravě koronovým výbojem a laminovány při rychlosti 10 m/min. Tato povrchová úprava výrazně neovlivnila adhezi laminačních fólií. Pouze vzorky z tiskového stroje Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF) s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier měly horší adhezi než vzorky bez úpravy. Úprava koronovým výbojem rapidně zvýšila adhezi u vzorků s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal Laminating Film z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 s primerem.

Adheze barevného toneru byla hodnocena pouze pro laminační fólii Derprosa™ Matte Premier při rychlosti laminace 10 m/min. Celkově nejvyšší adhezi laminační fólie k různým odstínům (C, M, Y, K, R, B, přetisková černá a proužek s různými odstíny barev) měly vzorky z tiskového stroje Canon imagePRESS C710. Naopak nejnižší adhezi u této laminační fólie ve všech barevných odstínech měly vzorky z tiskového stroje HP Indigo Press WS6800 (s primerem i bez primeru). Purpurová barva, která měla po 1 hodině velmi nízkou adhezi (u ostatních procesních barev tomu tak nebylo) nijak neovlivnila výsledky barev R a B, které jsou vytvořeny přetiskem.

Při hodnocení adheze nepotištěných substrátů s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal Laminating Film (rychlost laminace 10 m/min) bylo zjištěno, že pouze kartony Color Copy 250 g/m² pro tiskový stroj Xeikon 8000 (484 g) a Color Copy 300 g/m² pro tiskový stroj Xerox Color C75 Press (661 g) mají nižší adhezi laminační fólie. Výměna tohoto kartonu za jiný by mohla zvýšit adhezi laminační fólie. Ostatní typy kartonů mají vysoké a srovnatelné hodnoty hmotnosti potřebné k odtržení fólie (>1175 g).

Vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal Laminating Film (při rychlosti laminace 10 m/min) byly podrobeny povrchové úpravě UV zářením, které mělo významný pozitivní vliv na adhezi vzorků. Především na vzorky z tiskových strojů Xerox c1000i, Xerox Iridesse Production Press a Xerox Color C75 Press. Před úpravou UV zářením se hmotnosti potřebné k odtržení pohybovaly v rozsahu 459–799 g (po 14 dnech od laminace) a po úpravě se tato hmotnost pohybovala v rozsahu 694–1595 g (po 14 dnech od laminace) s výjimkou HP Indigo Press WS6800 bez primeru (345 g).

Dále byla hodnocena barevná změna jednotlivých tiskovin po laminaci pomocí barvé odchyly $\Delta E^*_{a,b}$. Nejnižší hodnoty barvé odchyly mají vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal Laminating Film ($\Delta E^*_{a,b}$ 0,4–6,7). Výjimkou jsou vzorky z tiskového stroje Xeikon 8000, který má s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal Laminating Film výrazně vyšší hodnoty barvé odchyly ($\Delta E^*_{a,b}$ 4,1–10,5) než ostatní tiskové stroje, a naopak s fólií Derprosa™ Matte Premier má hodnoty barvé odchyly nejlepší ($\Delta E^*_{a,b}$ 0,7–1,8) ve srovnání s ostatními tisk. stroji.

Dále byla hodnocena kvalita laminace rýhováním a ohybem v místě rýhy, a to subjektivně v různých časových intervalech. Nejlepší odolnost vůči mechanickému namáhání jeví všechny vzorky s laminační fólií PKCOO BOPP Thermal Laminating Film. U vzorků s laminační fólií Derprosa™ Matte Premier docházelo ve větší míře k tvorbě defektů především po ohybu v místě rýhy u barev červené, modré a přetiskové černé, a při vyšší rychlosti laminace (20 m/min). Nepotištěný substrát neměl po rýhování i ohybu v místě rýhy žádné defekty.

Z této práce vyplývá, že volba laminační fólie a podmínky laminace významně ovlivňují adhezi laminační fólie k tiskovině a tím výslednou kvalitu produktu. Ani použití laminační fólie určené pro elektrofotografické tisky nemusí zaručit vždy dobrou adhezi, protože je na trhu spousta výrobců tiskových strojů a tonerů, jednotlivé systémy se od sebe liší a je potřeba vždy nalézt vhodnou laminační fólii pro konkrétní technologii a podmínky laminace.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Kaplanová, Marie a kol. Moderní polygrafie. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2009, ISBN 978-80-254-4230-2.
- [2] Kipphan, Helmut. Hand book of print media: technologies and production methods. Springer, 2001. ISBN 3-540-67326-1.
- [3] Digitaldruck. Druckverfahren [online]. [cit. 2021-10-24].
Dostupné z: <http://drucktechnologie.weebly.com/digitaldruck.html>
- [4] AL-Rubaiey Hussain. The role of paper and process technologies for mechanisms and image quality in digital electrophotography. [online]. Helsinky, 2009. PhD Thesis. Helsinki University of Technology. Vedoucí práce Pirkko Oittinen. [cit. 2021-1-23]. Dostupné z: <http://lib.tkk.fi/Diss/2009/isbn9789522482150/>
- [5] Panák, Ján. Polygrafické minimum. 2. upr. a dopl. vyd. Zväz polygrafie. Bratislava: TypoSet, 2000, 262 s. ISBN 80-967811-3-8.
- [6] *HP Indigo Digital Presses: The foundations of HP Indigo LEP Technology* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://www.hp.com/us-en/industrial-printers/indigo-digital-presses/lep-digital-printing-technology.html>
- [7] Hejduk, Jiří. Technologie polygrafické výroby. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-308-1.
- [8] *HP Indigo LEP technology: Redefining the boundaries of print* [online]. [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://h20195.www2.hp.com/V2/getpdf.aspx/4AA7-4149ENW.pdf>
- [9] Co se skrývá uvnitř toneru do laserové tiskárny? Toner Partner [online]. [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: <https://www.tonerpartner.cz/clanky/co-se-skryva-uvnitř-toneru-do-laserove-tiskarny-22089cz39332/>
- [10] Hiroyuki, Kawaji a Maruta Masayuki. *Polyester Resin for High-Speed Printer Toner* [online]. Wakayama, Japan, 2003, 133–135 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: <https://www.imaging.org/site/PDFS/Papers/2003/DPP-0-289/8989.pdf>
- [11] What Is A Dry Toner Copier – Dry Toner vs Liquid Toner. Tianse [online]. 2019 [cit. 2021-10-24]. Dostupné z: <https://www.tianseoffice.com/blog/what-is-a-dry-toner-copier-dry-toner-vs-liquid-toner/>
- [12] Tagansky, Boaz. HP-Indigo Technology and its Application to Photo Printing [online]. Israel, 2012, 31–34 [cit. 2021-11-08]. Dostupné z: http://www.imaging.org/site/PDFS/Reporter/Articles/2012_27/REP27_1_TDPF2012_TAGAN SKY_PG31.pdf
- [13] Gebrtová, Jana. Tiskové papíry a jejich vlastnosti. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2006, ISBN 80-7194-900-0.
- [14] *Zušlechtování* [online]. [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: https://www.polygraficketahaky.cz/dokoncuji_zpracovani_2_zuslechtovani

- [15] Tisk a laminace: způsoby laminování a možnosti využití. *Originální tonery* [online]. [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://www.originalnitonery.cz/blog/tisk-a-laminace--zpusoby-laminovani-a-moznosti-vyuziti>
- [16] *Lakování a laminace* [online]. 2015 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <http://grafikpromedia.spsplin.cz/vsp/lakovani-laminace>
- [17] Scott, Tom. Choosing the Right Lamination: Lamination Basics. *Catty corporation* [online]. 11.8.2017 [cit. 2021-11-21]. Dostupné z: <https://www.cattycorp.com/2017/08/11/choosing-right-lamination/>
- [18] Calafut, Teresa. Polypropylene Films. *Plastic Films in Food Packaging* [online]. Elsevier, 1998, 17–20 [cit. 2021-12-05]. ISBN 9781455731121. Dostupné z: doi:10.1016/B978-1-4557-3112-1.00002-8
- [19] Technical bulletin: Laminating problems and solutions [online]. 8/2015, 1–3 [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: https://www.mactacgraphics.eu/sites/default/files/tb_7.8_laminating_problems_and_solution_s_-08-2015.pdf
- [20] Laminating Problems And Solutions [online]. [cit. 2021-12-05]. Dostupné z: https://www.ledcolaminator.com/index.php?main_page=page&id=11
- [21] Pettersson, Simon, Jonas Enqvist, Stephen Hall, Nils Toft a Håkan Hallberg. Peel testing of a packaging material laminate studied by in-situ X-ray tomography and cohesive zone modeling. *International Journal of Adhesion and Adhesives* [online]. 2019, 95 [cit. 2022-01-23]. ISSN 01437496. Dostupné z: doi:10.1016/j.ijadhadh.2019.102428
- [22] Peel Test. *Test Resources* [online]. [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: <https://www.testresources.net/applications/test-types/peel-test/#:~:text=The%20most%20common%20types%20of,and%20the%20180%20degree%20peel>
- [23] Guerra, Valentina. What is a peel test?. *Coventive: Composites* [online]. 3. 3. 2021 [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: <https://coventivecomposites.com/explainers/what-is-a-peel-test/>
- [24] Sekulic, Aleksandar. Four standard peel test configurations. *Research gate* [online]. 2008 [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Four-standard-peel-test-configurations-a-90-peel-test-the-most-commonly-used_fig17_37454421
- [25] ČSN ISO 11339. Adhesives — T-peel test for flexible-to-flexible bonded assemblies. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2010.
- [26] D 1876–01. Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesives (T-Peel Test). ASTM, 2010.
- [27] Co je povrchová úprava? *Meritage* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.meritage.cz/co-je-povrchova-uprava/>
- [28] Hermle, Matthias. *Innovative: Digital Printing Technology and Closure Inspection in High-Performance Segments* [online]. Switzerland, June 13, 2019 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.petnology.com/competence-online/news/innovative-digital-printing-technology-and-closure-inspection-in-high-performance-segments.html>

- [29] What is surface treatment? [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://ppsnordic.com/wp-content/uploads/2019/05/PPS-Tantec-plastic-surface-treatment.pdf>
- [30] Povrchové napětí nepodceňujte. Ekobal [online]. 27. 3. 2019 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.ekobal.cz/o-nas/aktuality/povrchove-napeti-nepodcenujte>
- [31] Markgraf, David A. *Corona Treatment: An Overview* [online]. 1–46 [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.enerconind.com/mediaLib/stml/techPaper/Enercon-corona-treating-overview.pdf?ext=.pdf>
- [32] Linder, Martina, Norbert Rodler, Marius Jesdinszki, Markus Schmid a Sven Sänglerlaub. Surface energy of corona treated PP, PE and PET films, its alteration as function of storage time and the effect of various corona dosages on their bond strength after lamination. *Journal of Applied Polymer Science* [online]. 2018, 135(11) [cit. 2021-12-12]. ISSN 00218995. Dostupné z: doi:10.1002/app.45842
- [33] Plasma treatment. *Vetaphone: Corona & Plasma* [online]. [cit. 2021-12-12]. Dostupné z: <https://www.vetaphone.com/our-offering/plasma-treatment/>
- [34] Dominczuk, J., Krawczuk, A. Comparison of Surface Free Energy Calculation Methods. *Scientific.Net* [online]. 2015, Applied Mechanics and Materials, vol. 791, s. 259–265. ISSN 16609336. [cit. 2021-12-16] Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/1709476110?accountid=17239>
- [35] Kudrle, V. Volná povrchová energie modely učební materiál. Informační systém Masarykovy univerzity [online]. 2009 [cit. 2021-12-16]. Dostupné z: https://is.muni.cz/el/sci/jaro2015/F8542/um/Volna_povrchova_energie_modely_ucebni_material.pdf
- [36] Fowkes method. Krüss [online]. [cit. 2022-1-3]. Dostupné z: <https://www.krussscientific.com/en/know-how/glossary/fowkes-method>
- [37] Owens, Wendt, Rabel and Kaelble (OWRK) method. KRÜSS [online]. [cit. 2020-12-23]. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/owens-wendt-rabel-and-kaelble-owrk-method>
- [38] Oss and Good method. KRÜSS [online]. [cit. 2022-1-3]. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/oss-and-good-method>
- [39] Method according to Wu. KRÜSS [online]. [cit. 2022-1-3]. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/method-according-to-wu>
- [40] Method according to Zisman. KRÜSS [online]. [cit. 2022-1-3]. Dostupné z: <https://www.kruss-scientific.com/en/know-how/glossary/method-according-to-zisman>
- [41] Application Report: Surface Treatment for Polymers [online]. 2014 [cit. 2022-01-23]. Dostupné z: <https://www.sanyo-si.com/wp-content/uploads/kruss-ar272-en.pdf>
- [42] MAC169 Top Coated Graphic Silk - FSC 200 g/m² [online]. 2018 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.atea.dk/eshop/product/oce-top-coated-graphic-silk-mac169/?prodid=4359135>
- [43] MultiArt® Silk: Fine paper, woodfree, white, coated, silky matt finish [online]. 6. 2. 2019 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.papyrus.com/medias/02-6528-Datasheet->

- MultiArt-Silk-PEFC-DE-S-U-en-2.pdf?context=bWFzdGVyfERlZmF1bHRDZWx1bUJzc2V0c0ZvbGRlcw3MzkwMnxhcHBsaWNhdGlvbi9wZGZ8Y2VsdW0tYXNzZXRzL2hjNC9oZGEvOTA0NjYwODcwNzYxNC5wZGZ8ODZjNzJhY2EzMGM1NTJhZTYyZjJlNjA1MDg1MGY4MDY5NDg3MTVIYmE2MjllODhmZGY5ZDMzNDhkMTEzMzM5Ng
- [44] Papír Color Copy 250 g. Všeprotisk [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: https://www.vseprotisk.cz/papir-color-copy-a4-250-g-125-listu_d14954.html#stiparsets
- [45] Color copy coated-gloss A3, 170 GSM: Natíraný bílý lesklý papír. Xcopy [online]. [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.xcopy.cz/e-shop/tiskova-media-papiry/barevne-kopirovani-atisk/color-copy-coated-gloss/color-copy-coated-gloss-a3-170-gsm-250-listu-cccg170-a3.html?category=15913>
- [46] Bezpečnostní list Avery Dennison: MC ELITE 2S-200 FSC. červenec 2021. [cit. 2022-03-21].
- [47] MultiArt® Silk: Fine paper, woodfree, white, coated, silky matt finish [online]. 6. 2. 2019 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: <https://www.papyrus.com/medias/02-6528-Datasheet-MultiArt-Silk-PEFC-DE-S-U-en-2.pdf?context=bWFzdGVyfERlZmF1bHRDZWx1bUJzc2V0c0ZvbGRlcw3MzkwMnxhcHBsaWNhdGlvbi9wZGZ8Y2VsdW0tYXNzZXRzL2hjNC9oZGEvOTA0NjYwODcwNzYxNC5wZGZ8ODZjNzJhY2EzMGM1NTJhZTYyZjJlNjA1MDg1MGY4MDY5NDg3MTVIYmE2MjllODhmZGY5ZDMzNDhkMTEzMzM5Ng>
- [48] Derprosa™ Matte Premier. Derprosa [online]. 2022 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.derprosa.com/en/product/derprosa-matte-premier/>
- [49] BOPP Laminating Film. Pkcco [online]. 2022 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <http://www.pkcco.com/thermal-bopp-lamination-film.html>
- [50] Technický list: Řada imagePRESS C910. EU: Canon, 2020.
- [51] Bezpečnostní list Canon: Canon imagePRESS Toner T01 Black. 02. EU, 2014.
- [52] Bezpečnostní list Canon: Canon imagePRESS Toner T01 Cyan. 02. EU, 2014.
- [53] Bezpečnostní list Canon: Canon imagePRESS Toner T01 Magenta. 02. EU, 2014.
- [54] Bezpečnostní list Canon: Canon imagePRESS Toner T01 Yellow. 02. EU, 2014.
- [55] Konica Minolta AccurioPress C3070. Konica Minolta [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: https://www.konicaminolta.cz/getmedia/02f768f8-de92-4379-be1d-a1b70af5267e/Specifikace-AccurioPress-C3070-C3080-P_web.pdf.aspx
- [56] Shopping for Konica Minolta AccurioPress C3070 Toner Cartridges. GMS [online]. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.gmsupplies.com/products/konica-minolta-1/accuriopress-series/konica-minolta-accuriopress-c3070/toner-cartridges/>
- [57] SIMITRI® HD: Konica Minolta's proprietary toner technology [online]. Germany, květen 2012. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: https://ctrl-print.co.uk/wp-content/uploads/2019/08/Special_Issue_Leaflet_Simitri1.pdf
- [58] Color 800i/1000i Presses: Specifications [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.xerox.com/en-us/digital-printing/digital-presses/xerox-800-1000/specifications>

- [59] XEROX COLOR 1000 PRESS TONER MAGENTA TONER [online]. [cit. 2022-03-23]. Dostupné z: <https://www.toner.com/productdetails/Xerox/Toner/006R01482/47372.html>
- [60] Xerox® Colour C75 Press: Technické údaje [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.xerox.com/cs-sk/digital-printing/digitalni-tiskove-stroje/xerox-c75/specifications>
- [61] Bezpečnostní list Xerox: Azurová, purpurová, žlutá a černá. květen 2008.
- [62] Xeikon 8500 [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <http://www.xeikon.cz/reseni/xeikon-8500#overlay-context=node/36>
- [63] Toner: QA-I suché tonery. Xeikon [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <http://www.xeikon.cz/toner>
- [64] Spotřební materiál: QA-P toner. Xeikon [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://xeikon.com/en/products/qa-p-toner>
- [65] Xerox® Iridesse® Production Press: Technické údaje [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.xerox.com/cs-sk/digital-printing/digitalni-tiskove-stroje/iridesse-production-press/specifications>
- [66] Originální tonerová kazeta Xerox Iridesse Production Press CYMK 006R01707, 006R01708, 006R01709, 006R01710 [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.xerographic.co.uk/xerox-iridesse-production-press-genuine-cymk-metered-toner-cartridge-006r01707-006r01708-006r01709-006r01710-1/?setCurrencyId=6>
- [67] Beyond CMYK Design and File Preparation Guidelines: XEROX® IRIDESSE® PRODUCTION PRESS [online]. 21. 3. 2021 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.xerox.com/digital-printing/latest/XIPRG-02M.pdf>
- [68] HP Indigo WS6800 Digital Press: A highly productive and versatile narrow-web labels and packaging solution [online]. 2018 [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www8.hp.com/h20195/v2/GetDocument.aspx?docname=4AA5-3064ENW>
- [69] Bezpečnostní list HP: HP Indigo ElectroInk Cyan for use with HP Indigo Digital Presses WS6000 series, W7200 series, 7000 series and 8000, 14. 12. 2019.
- [70] Bezpečnostní list HP: HP Indigo ElectroInk Magenta for use with HP Indigo Digital Presses WS6000 series, W7200 series, 7000 series and 8000, 13. 12. 2019.
- [71] Bezpečnostní list HP: HP Indigo ElectroInk Yellow for use with HP Indigo Digital Presses WS6000 series, W7200 series, 7000 series and 8000, 14. 12. 2019.
- [72] Bezpečnostní list HP: HP Indigo ElectroInk Black for use with HP Indigo Digital Presses WS6000 series, W7200 series, 7000 series and 8000, 14. 12. 2019.
- [73] DigiPrime® 680 [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.michelman.com/solutions/digiprime/digiprime-r-680/>
- [74] Spectrodensitometer FD-7 and FD-5: State of the Art instruments for measuring Colour, Density and Light [online]. 2013 [cit. 2022-03-21]. Dostupné z: https://www5.konicaminolta.eu/fileadmin/content/eu/Measuring_Instruments/2_Products/3_Graphic_Arts/1_Spectrodensitometers/PDF/FD-7_FD-5_en_11_13_A4.pdf

- [75] D3100 [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z:
https://www.nikon.cz/cs_CZ/product/discontinued/digital-cameras/2015/d3100-black#overview
- [76] Koronovací jednotka. Interní údaje f. KOMFI. KOMFI spol. s r. o. Lanškroun. Březen 2022
- [77] AMIGA 52. KOMFI [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z:
<https://komfieurope.com/cs/produkty/amiga-52/>
- [78] Spotmatic 36. KOMFI [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z:
<https://komfieurope.com/cs/produkty/spotmatic-36/>
- [79] Poloautomatický rýhovací-perforovací stroj GPM 450 SA [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z:
https://www.kancelarskepotreby.net/poloautomaticky-ryhovaci-perforovaci-stroj-gpm-450-sa?gclid=Cj0KCQjw5-WRBhCKARIsAAId9FhI6Wjej99j6RNMdGuGBdoJtcMEYhllIjxcNbMKFmGZUKM5VXC6QYaAmDwEALw_wcB
- [80] Testovací inkousty PINK. Arcotest [online]. Germany, 2021 [cit. 2022-03-23]. Dostupné z:
<https://arcotest.info/cs/testovaci-fixy/#pink>

PŘÍLOHY

Příloha 1 – souřadnice barvového prostoru CIELab před laminací, 1 hod po laminaci a 14 dní po laminaci pro barvu azurovou, jednotlivé tiskové stroje a dvě laminační fólie (Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal Laminating Film)

Příloha 2 – souřadnice barvového prostoru CIELab před laminací, 1 hod po laminaci a 14 dní po laminaci pro barvu purpurovou, jednotlivé tiskové stroje a dvě laminační fólie (Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal Laminating Film)

Příloha 3 – souřadnice barvového prostoru CIELab před laminací, 1 hod po laminaci a 14 dní po laminaci pro barvu žlutou, jednotlivé tiskové stroje a dvě laminační fólie (Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal Laminating Film)

Příloha 4 – souřadnice barvového prostoru CIELab před laminací, 1 hod po laminaci a 14 dní po laminaci pro barvu černou, jednotlivé tiskové stroje a dvě laminační fólie (Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal Laminating Film)

Příloha 1 – souřadnice barvového prostoru CIELab před laminací, 1 hod po laminaci a 14 dní po laminaci pro barvu azurovou, jednotlivé tiskové stroje a dvě laminační fólie (Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal laminating Film)

Derprosa™ Matte Premier									
Tiskový stroj	Před laminací			1 hod po laminaci			14 dní po laminaci		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Canon imagePRESS C710	50,7	-34,0	-55,4	52,2	-33,4	-52,4	52,3	-31,5	-52,5
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	47,6	-28,5	-58,9	49,7	-27,6	-55,8	49,9	-27,2	-55,4
Xerox c1000i	50,3	-35,3	-50,7	51,6	-33,8	-47,2	52,2	-33,5	-46,7
Xeikon 8000	53,8	-25,7	-54,7	53,6	-26,4	-54,0	53,0	-26,4	-54,4
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	48,6	-29,2	-58,0	50,3	-27,9	-55,0	50,7	-27,6	-54,8
Xerox Color C75 Press	55,9	-28,0	-46,1	56,6	-26,9	-43,6	57,1	-26,4	-43,7
Xerox Iridesse Production Press	55,2	-36,3	-49,1	56,2	-35,6	-46,5	56,6	-35,3	-46,8
HP Indigo Press WS6800	55,6	-36,9	-49,5	56,4	-34,5	-47,8	56,8	-34,4	-47,6
HP Indigo Press WS6800 (primer)	55,5	-36,8	-50,0	56,6	-35,0	-47,5	56,8	-35,0	-47,3
PKCOO BOPP Thermal Laminating Film									
Canon imagePRESS C710	51,1	-34,3	-55,1	50,0	-33,9	-55,4	48,3	-30,1	-57,6
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	46,6	-28,2	-58,2	47,2	-29,0	-58,4	47,3	-29,2	-58,4
Xerox c1000i	50,0	-34,8	-50,6	49,8	-37,3	-48,9	49,8	-37,4	-49,0
Xeikon 8000	52,9	-25,2	-54,5	51,5	-28,5	-56,6	51,5	-28,6	-56,5
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	47,9	-28,2	-57,8	48,2	-29,8	-57,8	50,0	-34,2	-55,1
Xerox Color C75 Press	55,3	-28,1	-46,0	55,4	-28,4	-45,5	55,5	-28,4	-45,3
Xerox Iridesse Production Press	55,0	-36,3	-48,8	54,8	-38,3	-48,0	54,5	-38,5	-48,2
HP Indigo Press WS6800	55,5	-36,1	-48,6	54,5	-37,3	-50,1	54,3	-37,1	-50,3
HP Indigo Press WS6800 (primer)	55,7	-36,5	-51,0	54,8	-37,0	-49,6	54,9	-37,2	-49,4

Příloha 2 – souřadnice barvového prostoru CIELab před laminací, 1 hod po laminaci a 14 dní po laminaci pro barvu purpurovou, jednotlivé tiskové stroje a dvě laminační fólie (Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal laminating Film)

Tiskový stroj	Derprosa™ Matte Premier								
	Před laminací			1 hod po laminaci			14 dní po laminaci		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Canon imagePRESS C710	43,1	78,1	-1,7	45,0	72,4	-4,8	45,4	72,3	-4,8
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	44,7	79,1	-2,8	46,2	74,4	-3,6	46,8	74,0	-3,3
Xerox c1000i	46,6	73,8	-6,0	47,7	69,9	-5,5	48,2	69,2	-5,1
Xeikon 8000	48,7	65,2	-5,6	48,3	65,3	-6,2	47,6	65,9	-6,5
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	42,8	78,7	1,9	44,4	74,3	0,8	45,3	73,5	1,0
Xerox Color C75 Press	48,0	69,7	-9,3	49,0	66,1	-9,1	49,6	65,5	-9,2
Xerox Iridesse Production Press	47,7	77,0	-5,8	49,2	72,9	-5,8	49,6	72,6	-5,8
HP Indigo Press WS6800	51,2	75,4	-2,0	52,4	71,7	-1,6	52,8	71,3	-1,5
HP Indigo Press WS6800 (primer)	51,3	75,5	-2,7	52,4	71,9	-1,8	52,8	71,7	-1,4
	PKCOO BOPP Thermal Laminating Film								
Canon imagePRESS C710	43,2	78,0	-1,5	42,4	77,7	-5,0	42,2	79,5	1,9
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	44,9	78,9	-2,5	44,2	79,4	-3,2	44,0	79,1	-3,6
Xerox c1000i	46,8	73,5	-6,2	45,1	75,4	-5,3	45,3	76,7	-5,2
Xeikon 8000	48,5	65,1	-5,5	45,5	70,2	-6,6	45,7	70,4	-6,3
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	42,6	78,5	1,8	42,1	79,2	1,7	42,6	78,0	-4,8
Xerox Color C75 Press	48,1	69,7	-9,4	47,0	70,3	-9,3	47,0	70,8	-9,3
Xerox Iridesse Production Press	47,6	77,1	-5,6	47,0	77,3	-5,2	47,0	77,7	-5,0
HP Indigo Press WS6800	51,1	75,3	-2,0	50,9	75,6	-2,3	51,1	75,9	-2,0
HP Indigo Press WS6800 (primer)	51,2	75,5	-2,5	50,9	75,8	-1,3	50,6	75,6	-1,3

Příloha 3 – souřadnice barvového prostoru CIELab před laminací, 1 hod po laminaci a 14 dní po laminaci pro barvu žlutou, jednotlivé tiskové stroje a dvě laminační fólie (Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal laminating Film)

Tiskový stroj	Derprosa™ Matte Premier								
	Před laminací			1 hod po laminaci			14 dní po laminaci		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Canon imagePRESS C710	90,7	-8,2	103,3	89,2	-7,8	95,6	89,5	-8,0	95,4
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	91,2	-10,9	97,1	90,8	-10,4	91,3	90,5	-10,4	91,2
Xerox c1000i	86,3	-8,9	95,1	85,2	-8,5	87,6	85,6	-8,7	86,8
Xeikon 8000	90,2	-10,6	86,7	89,2	-10,5	87,5	88,8	-10,6	88,0
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	90,8	-10,4	101,5	90,1	-10,2	95,6	90,5	-10,2	94,8
Xerox Color C75 Press	87,0	-6,7	82,1	85,9	-6,1	77,6	86,2	-6,3	77,3
Xerox Iridesse Production Press	87,3	-5,0	92,7	85,8	-3,1	86,2	86,3	-3,5	85,5
HP Indigo Press WS6800	88,8	-5,4	88,4	88,5	-5,6	83,3	88,7	-5,6	83,0
HP Indigo Press WS6800 (primer)	88,9	-5,7	88,4	88,3	-5,4	84,0	88,6	-5,2	83,7
	PKCOO BOPP Thermal Laminating Film								
Canon imagePRESS C710	90,2	-8,1	103,3	89,2	-7,8	103,4	90,2	-10,3	102,2
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	91,0	-10,5	97,1	90,6	-10,5	97,6	90,4	-10,7	97,3
Xerox c1000i	86,1	-8,6	95,4	84,8	-8,9	95,4	85,1	-8,3	96,3
Xeikon 8000	90,0	-10,8	86,5	89,1	-10,6	94,4	89,0	-10,6	94,4
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	90,5	-10,1	101,6	90,1	-10,4	101,9	89,4	-7,7	103,6
Xerox Color C75 Press	87,3	-6,9	81,6	85,8	-6,0	84,0	85,5	-5,6	83,6
Xerox Iridesse Production Press	87,1	-4,8	92,9	85,7	-3,1	92,3	85,7	-2,8	92,6
HP Indigo Press WS6800	88,6	-5,1	88,3	88,4	-5,5	88,9	88,5	-5,2	89,1
HP Indigo Press WS6800 (primer)	88,7	-5,5	88,0	88,4	-5,2	88,5	88,3	-5,4	88,0

Příloha 4 – souřadnice barvového prostoru CIELab před laminací, 1 hod po laminaci a 14 dní po laminaci pro barvu černou, jednotlivé tiskové stroje a dvě laminační fólie (Derprosa™ Matte Premier a PKCOO BOPP Thermal laminating Film)

Tiskový stroj	Derprosa™ Matte Premier								
	Před laminací			1 hod po laminaci			14 dní po laminaci		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Canon imagePRESS C710	6,7	-0,4	-1,5	18,5	-0,2	-1,1	18,9	-0,3	-0,9
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	9,4	-0,2	-0,7	17,4	-0,1	-1,0	18,6	-0,2	-0,6
Xerox c1000i	11,8	-0,4	-0,3	19,5	-0,4	-0,8	20,8	-0,5	-0,4
Xeikon 8000	23,9	-0,7	-2,3	23,4	-0,6	-1,2	22,2	-0,5	-1,6
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	8,7	-0,1	-0,7	17,4	0,0	-1,0	18,7	-0,2	-0,4
Xerox Color C75 Press	15,4	-0,5	-0,9	19,1	1,6	-0,2	22,3	-0,4	-0,8
Xerox Iridesse Production Press	7,7	-0,7	-1,7	17,9	-0,4	-1,5	19,1	-0,5	-1,2
HP Indigo Press WS6800	12,6	-0,3	0,8	20,0	-0,1	-0,1	21,0	-0,3	0,3
HP Indigo Press WS6800 (primer)	12,1	-0,3	0,9	19,4	-0,1	-0,1	20,9	-0,2	0,4
	PKCOO BOPP Thermal Laminating Film								
Canon imagePRESS C710	6,5	-0,3	-1,4	6,1	-0,2	-1,1	5,7	0,0	-0,2
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (KPF)	9,2	-0,2	-0,5	5,9	0,0	-0,2	5,7	0,0	-0,3
Xerox c1000i	11,7	-0,3	-0,3	8,9	-0,5	0,1	8,5	-0,4	0,1
Xeikon 8000	23,8	-0,5	-2,3	13,5	-0,8	-1,5	13,4	-0,8	-1,5
Konica-Minolta Accurio Press c3070 (HRG)	8,6	-0,2	-0,6	6,2	-0,3	-1,1	5,7	0,0	-0,2
Xerox Color C75 Press	15,3	-0,2	-0,9	12,4	-0,5	-0,5	12,2	-0,4	-0,6
Xerox Iridesse Production Press	7,8	-0,6	-1,8	6,4	-0,6	-1,5	6,2	-0,6	-1,5
HP Indigo Press WS6800	12,5	-0,1	0,8	10,3	-0,2	1,5	10,0	-0,2	1,4
HP Indigo Press WS6800 (primer)	12,2	-0,3	1,0	11,3	-0,2	1,3	10,9	-0,2	1,3