

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2024

Barbora Havlová

Univerzita Pardubice
Fakulta Chemicko-technologická
Katedra polygrafie a fotofyziky

Zušlechťování tiskovin pomocí metalizovaných fólií a UV zářením tvrditelných
laků

Bakalářská práce

2024

Barbora Havlová

University of Pardubice
Faculty of Chemical Technology
Department of Graphic Arts and Photophysics

Finishing of printed materials using metallic foils and UV-curable varnishes
Bachelor Thesis

2024

Barbora Havlová

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Barbora Havlová**
Osobní číslo: **C20162**
Studijní program: **B0531A130014 Polygrafie**
Téma práce: **Zušlechťování tiskovin pomocí metalizovaných fólií a UV zářením tvrditelných laků**
Zadávací katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování

1. Prostudujte problematiku zušlechťování tiskovin pomocí metalizovaných fólií. Zvýšenou pozornost věnujte zejména inkjetovému tisku UV zářením tvrditelnými laky a jeho využití pro tvorbu metalického efektu v kombinaci s metalizovanými fóliemi.
2. Ve spolupráci s firmou KOMFI spol. s r.o. připravte parciálně lakované vzorky pomocí UV zářením tvrditelných laků a vzorky následně zušlechtěte pomocí metalizovaných fólií různých výrobců při různém nastavení stroje (teplota přenosového válce, rychlost tisku).
3. U vzorků hodnotěte kvalitu přenosu metalické vrstvy (plné plochy, text, jemné struktury apod.) a dále adhezi metalické vrstvy k tiskovině v závislosti na nastavení stroje, použité fólii a UV zářením tvrditelném laku.
4. Dosažené výsledky analyzujte a souhrnně zpracujte ve formě závěrečné písemné práce.

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

Seznam doporučené literatury:

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

Datum zadání bakalářské práce: **28. února 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2024**

L.S.

prof. Ing. Petr Němec, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Tomáš Syrový, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2024

Prohlašuji:

Práci s názvem Zušlechťování tiskovin pomocí metalizovaných fólií a UV zářením tvrditelných laků 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 18. 6. 2024

Barbora Havlová v.r.

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu práce panu Ing. Bohumilu Jašúrkovi, Ph.D za jeho rady a nezměrnou trpělivost při tvorbě této Bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat panu Janu Řezáčovi z firmy KOMFI spol. s r. o, za přípravu testovacích archů a možnost připravit vzorky tisků u nich ve firmě. Dále bych chtěla zmínit paní Svetlaně Holečkové z firmy Leonhard KURZ Stiftung, která mi pomohla více porozumět aplikaci metalických fólií na UV zářením tvrditelné laky a poskytnutí podkladů ohledně horké a studené ražby. Největší poděkování patří mé rodině, kteří při mně po celou dobu studia stáli a ve studiu mě podporovali.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá zušlechťováním tiskovin pomocí speciálních fólií a UV zářením tvrditelných laků. Cílem práce bylo otestovat kvalitu přenosu 11 metalických fólií na dva UV zářením tvrditelné laky za různých podmínek přenosu (rychlost tisku, teplota, tlak) a následně pro dvě nejlépe se přenášející fólie optimalizovat podmínky přenosu. V teoretické části se práce zabývá druhy jednotlivých typů ražby a UV zářením tvrditelných laků. V experimentální části se věnuje testování přenosu metalických fólií na UV zářením tvrditelné laky, a zhodnocení jejich kvality. Dále se věnuje samotné adhezi metalických fólií k lakové vrstvě a odolnosti proti poškrábání.

KLÍČOVÁ SLOVA

UV lak, digitální ražba, ražba, metalická fólie, inkjet

FINISHING OF PRINTED MATERIALS USING METALLIC FOILS AND UV-CURABLE VARNISHES

ANNOTATION

This bachelor's thesis deals with the finishing of printed materials using special foils and UV-curable varnishes. The purpose of this work was to test the transfer quality of 11 metallic foils onto two UV-curable varnishes under different transfer conditions (printing speed, temperature, pressure) and subsequently to optimize the transfer conditions for the two best transferring foils. In the theoretical part it deals with the types of individual types of stamping processes and UV-curable varnishes. In the experimental part, it is dedicated to testing the transfer of metallic foils to UV-curable varnishes, and evaluating their quality. It also deals with the adhesion of metallic foils to the varnish layer and scratch resistance.

KEYWORDS

UV-curable varnish, digital transfer process, stamping, metallic foil, inkjet

OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ	11
SEZNAM TABULEK	13
ÚVOD	15
1 TEORETICKÁ ČÁST	16
1.1 Ražba	16
1.2 Technologie ražby	16
1.2.1 Ražba systémem deska–deska	16
1.2.2 Ražba systémem deska–válec	18
1.2.3 Ražba systémem válec–válec	19
1.2.4 Horká ražba	20
1.2.5 Studená ražba	20
1.3 Slepotisk	20
1.4 Ražba s fólií	21
1.5 Digitální ražba	22
1.5.1 Digitální ražba pomocí elektrofotografie	23
1.5.2 Digitální ražba pomocí inkjetu	24
1.6 UV zářením tvrditelné laky	25
1.6.1 Zdroje UV záření	26
1.6.2 Složení UV zářením tvrditelných laků	27
1.6.3 Radikálová polymerace	28
1.6.4 Použití UV zářením tvrditelných laků	29
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	31
2.1 Použité materiály	31
2.1.1 UV zářením tvrditelné laky	31
2.1.2 Metalické fólie pro horkou ražbu	31
2.1.3 Tesa páska	32
2.1.4 Potiskované materiály	33
2.2 Použitá zařízení	34
2.3 Postup měření a hodnocení	35
2.3.1 Test 1 – Výběr dvou nejlépe se přenášejících metalických fólií	41
2.3.2 Test 2 – Optimalizace	41

2.3.3	Test 3 – Adheze metalických fólií k lakové vrstvě a jejich odolnost proti poškrábání.....	42
2.4	Výsledky a diskuse	42
2.4.1	Test 1 – Výběr dvou nejlépe se přenášejících metalických fólií	42
2.4.2	Test 2 – Optimalizace	56
2.4.3	Test 3 – Adheze metalických fólií k lakové vrstvě a jejich odolnost proti poškrábání.....	58
3	ZÁVĚR	73
	POUŽITÁ LITERATURA	74

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 – Princip ražby systémem deska–deska [2].....	17
Obrázek 2 – Princip ražby systémem deska–válec [2]	18
Obrázek 3 – Princip ražby systémem válec–válec [2].....	19
Obrázek 4 – Struktura ražební fólie a princip ražby za horka na potiskovaný materiál [1].	21
Obrázek 5 – Konstrukce metalické fólie pro horkou a studenou ražbu [2]	22
Obrázek 6 – Schéma uspořádání elektrofotografické jednotky [1]	23
Obrázek 7 – Schéma funkce inkjetové hlavy pro technologii drop-on-demand [1].....	24
Obrázek 8 – Princip přenosu metalické fólie na tiskovinu při využití inkjetového tisku [8] ...	25
Obrázek 9 – Spektrum střednětlaké rtuťové výbojky [10]	26
Obrázek 10 – Spektrum UV-LED zdroje [11].....	27
Obrázek 11 – Obecný vzorec akrylátu [12]	28
Obrázek 12 – Iniciační radikálové polymerace vinylického monomeru dibenzoylperoxidem [12]	28
Obrázek 13 – Propagace polymerace [12]	29
Obrázek 14 – Terminace rekombinací [12]	29
Obrázek 15 – Terminace disproportionací [12]	29
Obrázek 16 – a) Karton o plošné hmotnosti 200 g/m ² s matným laminem, b) karton o plošné hmotnosti 200 g/m ² potištěný ofsetovým tiskem.....	33
Obrázek 17 – a) Karton o plošné hmotnosti 270 g/m ² potištěný ofsetovým tiskem, b) karton o plošné hmotnosti 300 g/m ² potištěný ofsetovým tiskem	33
Obrázek 18 – Celý testovací arch bez metalické fólie; tiskový motiv byl připraven firmou KOMFI spol. s r. o. na základě jejich požadavků.....	35
Obrázek 19 – Nekvalitní nanesení fólie na potiskovaný materiál – fólie FR 41/ZFV, teplota 180 °C, rychlost 2 m/min, lak 140 UV	36
Obrázek 20 – Chybné nanesení laku na potiskovaný materiál – fólie FR 33/SXC 1000, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC.....	37
Obrázek 21 – Úzká šíře metalické fólie na potiskovaném materiálu – fólie KURZ LUXOR MSU 220, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC.....	37
Obrázek 22 – Detail 2D a 2,5D písma – fólie ALUXIN SCODIX 351, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 1	38
Obrázek 23 – Detail 2D a 2,5D písma – fólie Foilco 6849 RTX, teplota 150 °C, rychlost 10 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 5	39
Obrázek 24 – a) Detail plné plochy – fólie KURZ LUXOR MSU 220, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 1, b) detail plné plochy – fólie FR 33/SXC 1000, teplota 150 °C, rychlost 15 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 5.....	39

Obrázek 25 – Detail parciálního laku a 2,5D písma – fólie ALUFIN SCODIX 351, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 1	39
Obrázek 26 – Detail parciálního laku a 2,5D písma – fólie Foilco 6010 RTX, teplota 150 °C, rychlost 10 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 5	40
Obrázek 27 – Detail tenkých linek – fólie FR 41/ZF, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 1	40
Obrázek 28 – Detail tenkých linek – fólie Foilco 6916 NB, teplota 150 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 5	40
Obrázek 29 – Detail prášení – fólie KURZ LUXOR MSU 220, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC.....	40
Obrázek 30 – Test odolnosti proti poškrábání – fólie Foil Industry 41V1014, teplota 170 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 2	72

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Metalická fólie FR 33/SXC 1000 s lakem 140 UV	43
Tabulka 2 – Metalická fólie FR 15/ZF s lakem 140 UV	43
Tabulka 3 – Metalická fólie FR 41/ZF s lakem 140 UV	44
Tabulka 4 – Metalická fólie Foilco 6010 RTX s lakem 140 UV	44
Tabulka 5 – Metalická fólie Foilco 6849 RTX s lakem 140 UV	45
Tabulka 6 – Metalická fólie Foilco 6892 GF/1 s lakem 140 UV	45
Tabulka 7 – Metalická fólie Foilco 6916 NB s lakem 140 UV	46
Tabulka 8 – Metalická fólie KURZ LUXOR MSU 220 s lakem 140 UV	46
Tabulka 9 – Metalická fólie ALUFIN SCODIX 351 s lakem 140 UV	47
Tabulka 10 – Metalická fólie Foil Industry 41V1014 s lakem 140 UV	47
Tabulka 11 – Metalická fólie FR 33/SXC 1000 s lakem 240 HDC	48
Tabulka 12 – Metalická fólie FR 15/ZF s lakem 240 HDC	49
Tabulka 13 – Metalická fólie FR 41/ZF s lakem 240 HDC	49
Tabulka 14 – Metalická fólie FR 33/SXC 4001 s lakem 240 HDC	50
Tabulka 15 – Metalická fólie Foilco 6010 RTX s lakem 240 HDC	50
Tabulka 16 – Metalická fólie Foilco 6849 RTX s lakem 240 HDC	51
Tabulka 17 – Metalická fólie Foilco 6892 GF/1 s lakem 240 HDC	51
Tabulka 18 – Metalická fólie Foilco 6916 NB s lakem 240 HDC	52
Tabulka 19 – Metalická fólie KURZ LUXOR MSU 220 s lakem 240 HDC	52
Tabulka 20 – Metalická fólie ALUFIN SCODIX 351 s lakem 240 HDC	53
Tabulka 21 – Metalická fólie Foil Industry 41V1014 s lakem 240 HDC	53
Tabulka 22 – Optimalizace přenosu metalické fólie FR 41/ZF na lak 240 HDC	56
Tabulka 23 – Optimalizace přenosu metalické fólie ALUFIN SCODIX 351 na lak 240 HDC	57
Tabulka 24 – Test adheze metalické fólie FR 33/SXC 1000	59
Tabulka 25 – Test adheze metalické fólie FR 15/ZF	60
Tabulka 26 – Test adheze metalické fólie FR 33/SXC 4001	60
Tabulka 27 – Test adheze metalické fólie FR 41/ZF	61
Tabulka 28 – Test adheze metalické fólie Foil Industry 41V1014	61
Tabulka 29 – Test adheze metalické fólie Foilco 6849 RTX	62
Tabulka 30 – Test adheze metalické fólie Foilco 6892 GF/1	63
Tabulka 31 – Test adheze metalické fólie Foilco 6916 NB	64

Tabulka 32 – Test adheze metalické fólie ALUFIN SCODIX 351	65
Tabulka 33 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foilco 6916 NB	66
Tabulka 34 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie FR 33/SXC 1000	67
Tabulka 35 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foilco 6892 GF/1	67
Tabulka 36 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie FR 15/ZF	68
Tabulka 37 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie FR 41/ZF	68
Tabulka 38 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie FR 33/SXC 4001	69
Tabulka 39 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foilco 6010 RTX	69
Tabulka 40 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foilco 6849 RTX	69
Tabulka 41 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie ALUFIN SCODIX 351	70
Tabulka 42 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foil Industry 41V1014	71

ÚVOD

Od nepaměti je v polygrafickém průmyslu snaha o efektivní, rychlý a kvalitní tisk. V posledních letech se čím dál více tisknou zakázky s menším nákladem. Z tohoto důvodu se čím dál více rozvíjejí digitální tiskové stroje, u kterých malé náklady neznamenají ztrátu zisku, jako například u ofsetu nebo flexotisku.

Samotné tiskoviny se často esteticky upravují pro cílového zákazníka (např. různé obaly sortimentů). K tomu se nejčastěji využívá lakování, laminování, výsek, nebo různé druhy ražby. Ražba dlouho nebyla nejvhodnějším řešením pro malonákladové zakázky, protože cena výroby raznice často převyšovala cenu zakázky bez ražby.

V dnešní době, kdy se náklady zakázek čím dál více zmenšují a poptávka po kvalitních a estetických tiskovinách se zvyšuje, bylo potřeba zacelit tuto díru na trhu. Bylo potřeba najít, jak zefektivnit ražbu, aby nebyla pouze efektivní pro vyšší náklady. Řešení se našlo ve spojení digitálního tisku a ražby pomocí speciálních fólií.

Tato bakalářská práce se zabývá zušlechťováním tiskovin pomocí metalických fólií a jejich přenosu na UV zářením tvrditelné laky tištěné pomocí digitálního lakovacího stroje. Cílem práce byl otestovat kvalitu přenosu 11 metalických fólií na dva UV zářením tvrditelné laky za různých podmínek přenosu (rychlost tisku, teplota, tlak) a následně pro dvě nejlépe se přenášející fólie optimalizovat podmínky přenosu.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Ražba

Ražením se formuje rovinný povrch tiskoviny do reliéfního tvaru a při procesu ražby se může zároveň aplikovat metalická, barevná nebo holografická fólie [1]. Ražba potřebuje vyvinutí poměrně silného tlaku razidla na tvarování do měkkého rovinného materiálu (papír, karton); vyžaduje tedy razící lis, schopný potřebný tlak vyvinout. Razící formy připomínají tiskovou formu pro knihtisk a zhotovují se obdobným způsobem [1].

1.2 Technologie ražby

Technologie ražby tiskovin se dělí podle několika hledisek, jako je např. podle razící formy, vzniklého reliéfního efektu, podle teploty raznice, výsledného barevného efektu apod. [1].

Dle tvaru raznice a způsobu vyvinutí tlaku existují tři základní principy [2]:

- deska–deska,
- deska–válec,
- válec–válec.

Dále existují dvě základní rozdělení podle teploty raznice [2]:

- horká ražba,
- studená ražba.

Posledním významným dělením ražby je výsledný barevný efekt a jak se ho dosahuje [2]:

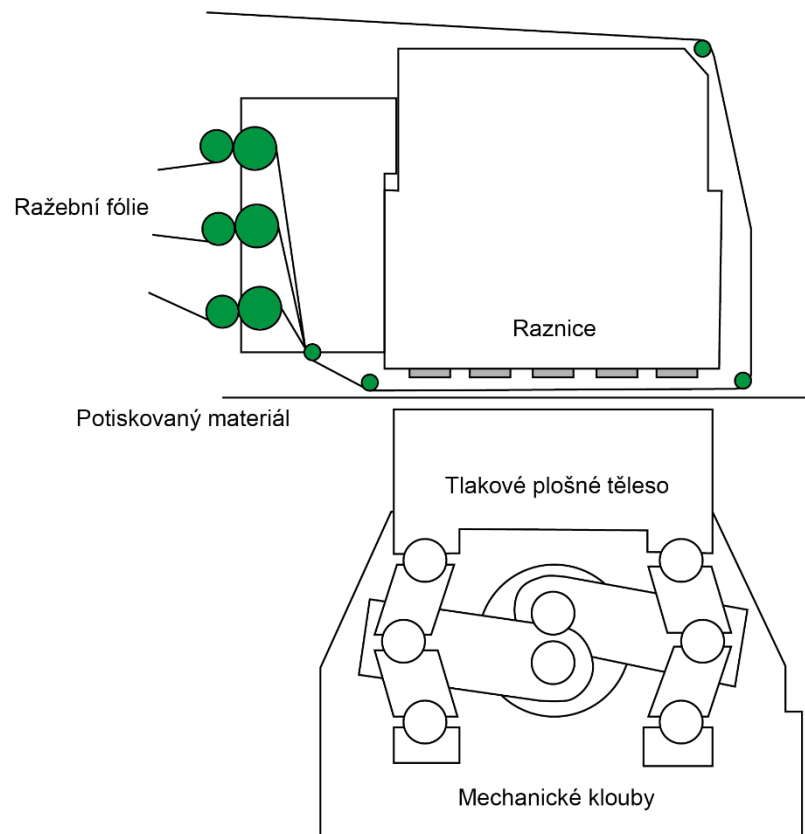
- slepotisk,
- ražební fólie.

Speciálním způsobem ražby/přenosu metalické fólie je ražba ve spojení s digitálními tiskovými technikami, v angličtině se používá termín „Digital transfer process“ – v překladu proces digitálního přenosu nebo také častěji digitální ražba. Přestože je digitální technologie nejmladší z tiskových technik (veřejně byla představena v 90. letech 20. století), patří mezi nejrozšířenější technologie díky své všestrannosti, kvalitě a možnosti efektivně tisknout i mnohem menší náklady než konvenční tiskové technologie [1]. V této práci jsou představeny dva způsoby přenosu metalické fólie pro dvě digitální tiskové technologie (elektrofotografie a inkjet).

1.2.1 Ražba systémem deska–deska

Ražba pomocí systému deska-deska se provádí pomocí rovinné formy a tlakového plochého tělesa (Obrázek 1), na kterou přichází potiskovaný materiál. Tlakové ploché těleso vytváří stejný tlak na raznici v celé ploše [3]. Fólie i potiskovaný materiál se dostávají do kontaktu pomocí vertikálního pohybu raznice [2]. Jakmile se raznice a potiskovaný materiál setkají, začne proces ražby/přenosu fólie. V případě přenosu metalické fólie se použitá fólie posouvá

o danou vzdálenost při návratu tlakového tělesa do výchozí polohy. Tlak v tomto stroji se zpravidla vytváří pomocí kloubu, a moderní stroje mají těchto kloubů čtyři páry. Tyto klouby zaručí vysoký a jednotný tlak v celé ploše [3].



Obrázek 1 – Princip ražby systémem deska–deska [2]

Pozitiva principu ražby systémem deska–deska [2]:

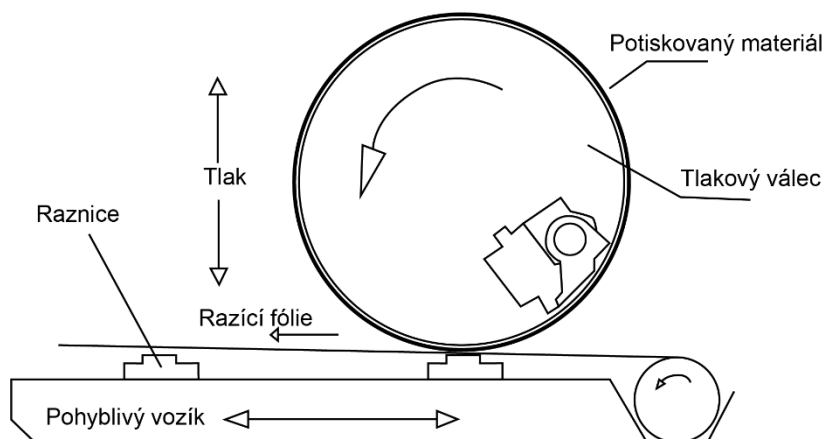
- výroba náročných motivů na jeden arch papíru,
- tvorba reliéfní ražby s různou hloubkou reliéfu,
- lze použít i pro ražbu knižních desek,
- snadná instalace raznice,
- rychlost ražby 6 000–8 000 kusů za hodinu.

Negativa principu ražby systémem deska–deska [2]:

- čas kontaktu potiskovaného materiálu, fólie a raznice je přibližně pětikrát delší než u ostatních principů,
- dlouhé vystavení vysoké teplotě může poškodit potiskovaný materiál,
- v případě přenosu fólie při procesu ražby je častější tvorba vzduchových bublin mezi fólií a potiskovaným materiálem.

1.2.2 Ražba systémem deska–válec

Ražba pomocí systému deska-válec se provádí pomocí rovinné formy umístěné na pohyblivém vozíku a tiskového válce, na kterém je uchycena tiskovina (Obrázek 2) [2]. Tlakový válec se otáčí kolem své osy. Rychlost otáčení je na obvodu tlakového válce stejná, jako rychlost vozíku pohybujícího se ve směru otáčení tlakového válce [3]. K vytvoření ražby na potiskovaném materiálu pak dochází pouze v úzkém pruhu, kdy je ve styku forma umístěná na formovém vozíku s částí tlakového válce. V případě horké ražby je vyhřívána spodní plochá deska [2]. V případě přenosu fólie při procesu ražby je fólie umístěna mezi raznicí a potiskovým materiálem, který je umístěn na tlakovém válci (Obrázek 2).



Obrázek 2 – Princip ražby systémem deska–válec [2]

Pozitiva principu ražby systémem deska–válec [2]:

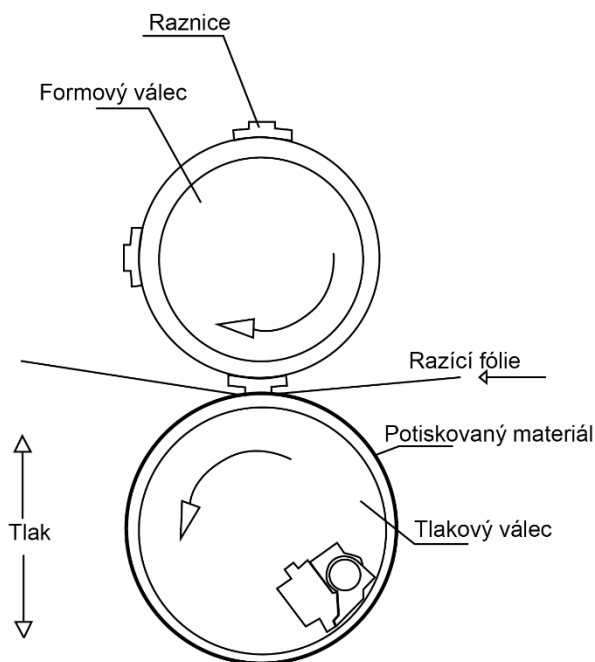
- krátký čas kontaktu potiskovaného materiálu, fólie a raznice,
- minimalizace vytváření vzduchových bublin při přenosu fólie.

Negativa principu ražby systémem deska–válec [2]:

- nelze dosáhnout rychlosti ražby přes 2 000 kusů za hodinu,
- reliéfní ražba je omezena.

1.2.3 Ražba systémem válec–válec

Ražbu pomocí systému válec–válec lze provádět na tiskovém stroji zařazením razící jednotky na konec tiskového stroje (tzv. in-line). Na formovém válci jsou upnuté raznice, které jsou buď kovové, nebo z jiných ohebných materiálů – např. gumotyp nebo fotopolymer (Obrázek 3) [3]. Na tlakovém válci je potiskovaný materiál, který zajišťuje dokonalý přenos ražby na papír/karton. Jelikož se jedná o rotační systém, lze dosáhnout vysokých rychlostí [2]. Zejména pro potisk obalů, je tato vysoká rychlost zvláště přínosná a umožňuje umístění této jednotky přímo za tiskový stroj. Tento princip je nejvýhodnější pro ražbu velkých nákladů.



Obrázek 3 – Princip ražby systémem válec–válec [2]

Pozitiva principu ražby systémem válec–válec [2]:

- rychlost ražby může dosáhnout až 12 000 kusů za hodinu,
- výrazné úspory fólií,
- krátký čas kontaktu potiskovaného materiálu, fólie a raznice,
- minimalizace vytváření vzduchových bublin pod fólií.

Negativa principu ražby systémem válec–válec [2]:

- cena raznice.

1.2.4 Horká ražba

Jedná se o nejrozšířenější a nejstarší formu ražby. Pro přenos fólie pomocí horké ražby je zapotřebí potiskovaný materiál, ohřátá raznice, fólie a mechanický tlak [2]. Během přenosu vyvýšená plocha raznice přijde do kontaktu s fólií, kde se v důsledku zahřátí oddělí přenášená fólie od nosné podložky. V místě kontaktu se vrstva fólie přenesa a zafixuje na potiskovaný materiál, čehož je dosaženo jak zvýšenou teplotou raznice, tak i tlakem. Motiv na raznici se dá snadno přizpůsobit, aby zachytil i jemné detaily [4].

Vlastnosti horké ražby [2]:

- suchý způsob ražby, kdy není potřeba předchozího nanášení tekutého lepidla (např. disperzního),
- přenos fólie se dá vytvořit ve stejné ploše jako potiskovaný materiál nebo se dá vytvořit s reliéfními efekty,
- dají se použít fólie s difrakčními či holografickými prvky,
- teplota raznice záleží na konkrétním stroji, nejčastěji se pohybuje mezi 80–230 °C.

1.2.5 Studená ražba

Jeden z největších rozdílů mezi technikou ražby za tepla a za studena je obsažen v jejich názvech. Horká ražba vyžaduje vysokou teplotu, oproti tomu se ražba za studena provádí za pokojové nebo jen mírně zvýšené teploty (do 40 °C) [2]. V případě přenosu fólie při procesu studené ražby je nanášeno lepidlo (např. UV zářením tvrditelné nebo disperzní) na tiskovinu v místech, kde má dojít k přenosu fólie [4]. Přítlakový válec přitiskne fólii k tiskovině a dojde k jejímu přenosu na tiskovinu v místě přeneseného lepidla. Následnou expozicí UV zářením dojde k vytvrzení UV zářením tvrditelného lepidla. Další možností je např. využití lepidel aktivovaných tlakem.

Vlastnosti studené ražby [2]:

- lze provádět in-line, velmi dobré spasování s tiskem,
- možnost vytváření nejrůznějších metalických efektů kombinací fólie s tiskem,
- levnější a častěji v in-line uspořádání rychlejší než horká ražba.

1.3 Slepotisk

Při ražení bez barvy/fólie se vytváří prostorová struktura vytvarováním materiálu působením tlaku, při kterém současně dochází i k vyhlazení na místech stlačení [1]. Pro vytvoření reliéfního obrazu jemné struktury a textu je třeba vybrat papír o vyšší plošné hmotnosti (např. 100–140 g/m²), nenatíraný, hlazený nebo i strukturovaný, použít kvalitní tvrdou razicí formu a mít k dispozici lis schopný vyvinout dostatečný tlak. Slepotiskem se motiv zvýrazní tak, že vystupuje nad rovinu papíru. Slepotisk se také někdy využívá i na neupravený papír, kde není předem nic vytištěno, ani raženo (např. značky pro nevidomé na obalech) [5]. Tento proces dokáže zvýraznit tiskovinu ražbou tak, že je např. obal mnohem atraktivnější a v neposlední řadě má i ochrannou funkci, protože originál nejde imitovat kopírováním, jako např. běžný tisk. Nejčastěji se využívá tzv. jednostupňový slepotisk, tj. slepotisk na principu jednostupňové

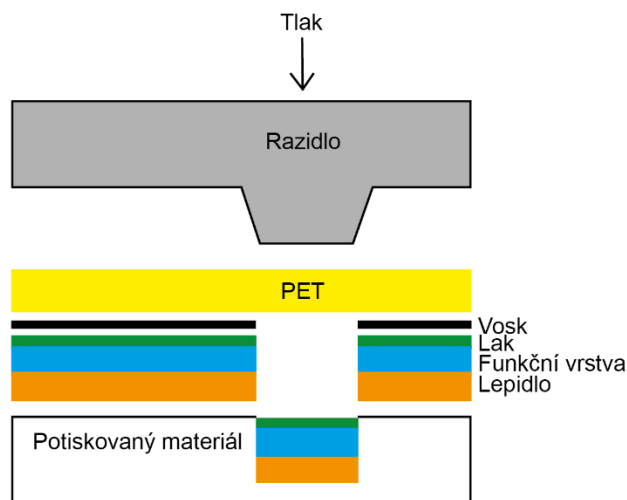
pyramidy, tj. výška patrice i matrice je stejná v celé ploše [1]. Jestliže má mít více úrovní, musí být použity speciální štočky, které se vyrábějí frézováním a rytím [5].

Vlastnosti této technologie [6]:

- u papírů s malou tloušťkou je vzniklý reliéf patrný z obou stran (používá se patrice),
- u materiálů jako je karton a kůže je možné mít pouze zahluběný reliéf, nikoliv vystoupený (používá se pouze matrice),
- vhodnými materiály jsou ručně vyráběné a grafické papíry, cenné papíry, papír z recyklovaných materiálů, skládačkové lepenky, kůže,
- nevhodným materiálem jsou křídové natírané papíry/kartony – tyto materiály mají příliš mnoho pojiva a plnidla a při ražbě může docházet k roztržení/praskání materiálu.

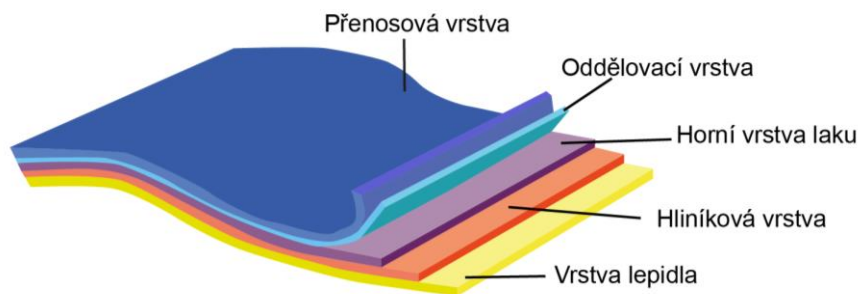
1.4 Ražba s fólií

Mimořádných barevných a optických efektů, dodávajícím tiskovinám i obalům vzhled luxusního drahého výrobku, lze dosáhnout aplikací metalických a holografických fólií nebo tisku a reliéfní ražbou [1]. Pro přenos fólií opatřených vrstvou tavného lepidla je razidlo elektricky vyhříváno (Obrázek 4). Přitom je kontrolována a elektricky regulována teplota i rovnoměrnost jejího rozložení v ploše razidla, protože nerovnoměrnost a kolísání teploty kontaktní plochy razidla mohou způsobit nekvalitní spojení fólie s materiálem. Razidlo (obvykle kovové) tedy musí být stabilní za vyšších teplot (80–160 °C), které jsou pro aktivaci tavného lepidla potřebné [1].



Obrázek 4 – Struktura ražební fólie a princip ražby za horka na potiskovaný materiál [1]

Samotné fólie potřebné pro ražbu, ať už se jedná o horkou či studenou, mají podobnou konstrukci a druhy vrstev, jak je vidět na Obrázku 6, lišící se typem lepidla [2].



Obrázek 5 – Konstrukce metalické fólie pro horkou a studenou ražbu [2]

Ražební fólie se obvykle dodávají s lepicí vrstvou tavného nebo tlakově citlivého lepidla (samolepicí fólie) [1]. Fólie pro ražbu za tepla jsou vícevrstvé materiály, které tvoří nosná PET (polyethylentereftalát) fólie, velmi tenká vrstva separačního vosku (po ohřátí umožní oddělení nosné fólie), transparentní vrstva ochranného laku, funkční vrstva (metalická, holografická struktura, nebo vrstvy obsahující barevné nebo perleťové pigmenty) a lepidlo [1]. Transparentní lak chrání funkční vrstvu před poškozením a zároveň povrchová vrstva laku umožňuje další modifikaci vzhledu tiskoviny přetiskem.

Pro ražení za tepla se používají stejná lepidla jako pro laminaci (např. tavná lepidla na bázi kopolymeru ethylen-vinylacetát), pro ražení za studena samolepicí vrstvy. Struktura ražební fólie se samolepicí vrstvou pro ražbu za studena je podobná, jen funkci nosné podložky plní silikonový papír, podobně jako při suché laminaci [1].

Základem metalických ražebních fólií je tenká vrstva hliníku, napařeného za vysokého vakua na nosnou podložku pokrytou voskem a vrstvou průhledného laku. Zabarvením laku se mění vzhled fólie na [1]:

- stříbro (bezbarvý lak),
- zlato (žlutý lak),
- měď (růžový lak),
- jiné kovy (zelený, modrý či červený lak).

Nemetalické fólie mohou být podle zbarvení pigmentů v aktivní vrstvě bílé, černé nebo barevné, s matným nebo lesklým vzhledem. Aktivní vrstvu ve struktuře fólie pro zušlechťování ražením může tvořit i vrstva metalických nebo perleťových pigmentů [1].

1.5 Digitální ražba

Tato technologie umožňuje vyrábět produkty, které kombinují zušlechťování metalickou ražbou a zároveň výhodu digitálních technologií tisku – variabilitu dat a efektivní tisk malých nákladů [7]. Ražba zde není závislá na kovové raznici nebo na tiskovém štočku, ale díky digitálnímu tisku proměnných dat může být každý produkt jedinečný.

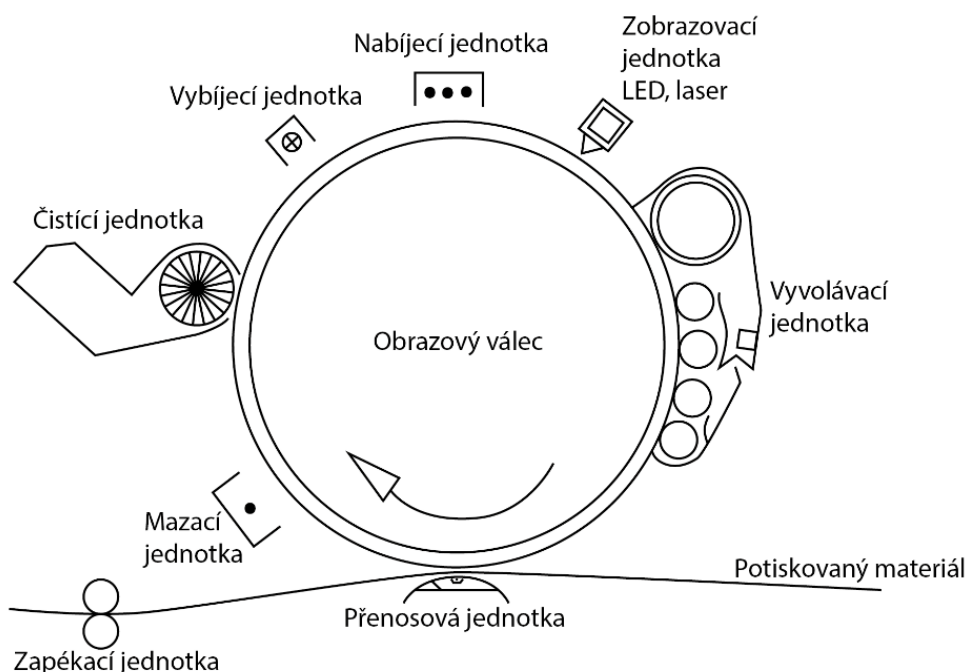
Pomocí digitální ražby se dají přenášet metalické nebo holografické fólie na rovinné, ale i 2,5D tištěné motivy (reliéfni) [7]. Při přenosu fólie na tištěné motivy se využívá adheze metalické fólie, kdy se fólie přenáší pouze na potištěnou nebo lakovanou část materiálu. Přenos fólie na „rovinný“ motiv se může provést před hlavním tiskem, nebo jako dokončovací zušlechtnění po tisku. Nejčastěji se pro tisk používá elektrografie nebo UV inkjet.

Při digitální ražbě s 2,5D tištěnými objekty se metalická fólie přenáší na UV zářením tvrditelný lak (dále jen UV lak) nanesený na potištěný materiál [7]. 2,5D tisk se vytváří pomocí různé výšky nánosu laku na potiskovaném materiálu, a v tomto případě již nelze ražbu s metalickou fólií znovu přetisknout. Nejčastěji se pro tisk 2,5D motivů používá UV inkjet.

1.5.1 Digitální ražba pomocí elektrografie

Princip elektrografie je znám už poměrně dlouhou dobu od roku 1938 [1]. Komerčně se začala tato technologie používat v 50. letech 20. století a s nástupem počítačů se rozšířila v 70. letech 20. století. Elektrografie je principem tisk z plochy, kdy se využívá fotovodivý materiál – materiál je nevodivý, ale po absorpci záření se stává materiálem vodivým.

Na Obrázku 6 je zobrazena tisková jednotka a její princip je popsán ve zdroji [1]. Fotovodivý povrch obrazového válce je nejprve nabit v nabíjecí jednotce. Osvitem jsou vybita určitá místa, čímž dojde k vytvoření latentního obrazu, který je následně vyvolán pomocí elektricky nabitého toneru. Z vyvolaných míst je toner přenesen na potiskovaný materiál, kde je zafixován pomocí vysoké teploty. Zbytkový toner je z povrchu obrazového válce mechanicky odstraněn v čistící jednotce. Posledním krokem tiskového cyklu je odstranění zbytkového náboje z povrchu válce expozicí světlem ve vybíjecí jednotce.



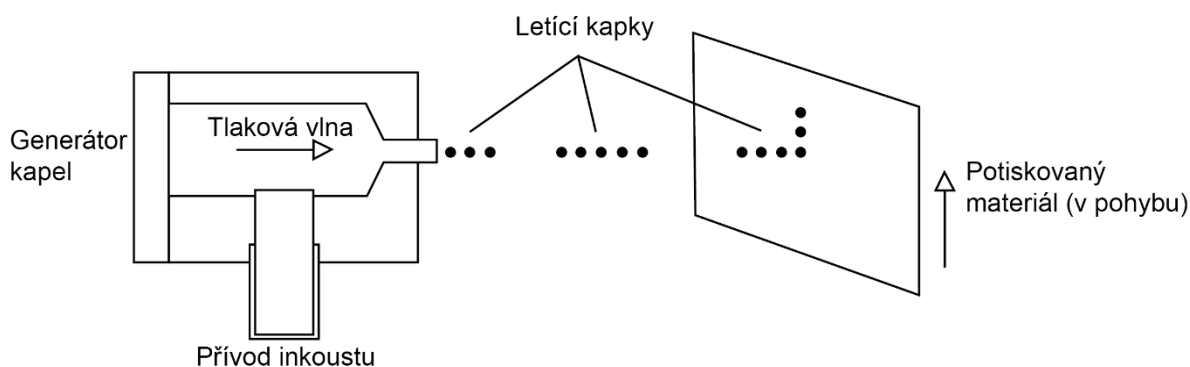
Obrázek 6 – Schéma uspořádání elektrografické jednotky [1]

Přenos fólie (např. metalické) na tisk probíhá v následujícím kroku (fólie se přenesou na potištěná místa tonerem) [7]. Princip je zde podobný jako u horké ražby. V místě kontaktu fólie s tiskovinou se vrstva fólie přenesou a zafixuje na potiskovaný materiál v místě, kde je nanesen toner, který byl předtím ozáren infračerveným zářením, čímž dojde k jeho ohřevu. Nepotištěný substrát má nižší teplotou a k přenosu fólie zde nedojde. Pro tuto technologii se nejčastěji využívá černý toner, jelikož černá barva nejlépe pohlcuje záření.

1.5.2 Digitální ražba pomocí inkjetu

Inkjetový tisk je z hlediska vytvoření obrazu nejjednodušší digitální tiskovou technikou, kdy je inkoust vystřikován přímo na potiskovaný materiál z tiskové hlavy [1]. Inkjet se většinou využívá jako přímá tisková technika – tisková hlava je umístěna nad potiskovaný materiál. Tisková hlava je tvořena řadou kanálů, do kterých je z jedné strany přiváděn inkoust a na druhé straně jsou zakončeny deskou s tryskami. Je-li potiskovaný materiál širší než tisková hlava, pohybuje se tisková hlava tak, aby potiskla celou šíři a potiskovaný materiál se krokově pohybuje kolmo k pohybu tiskové hlavy, nebo je stroj vybaven více tiskovými hlavami, které pokryjí celou šíři potiskovaného materiálu.

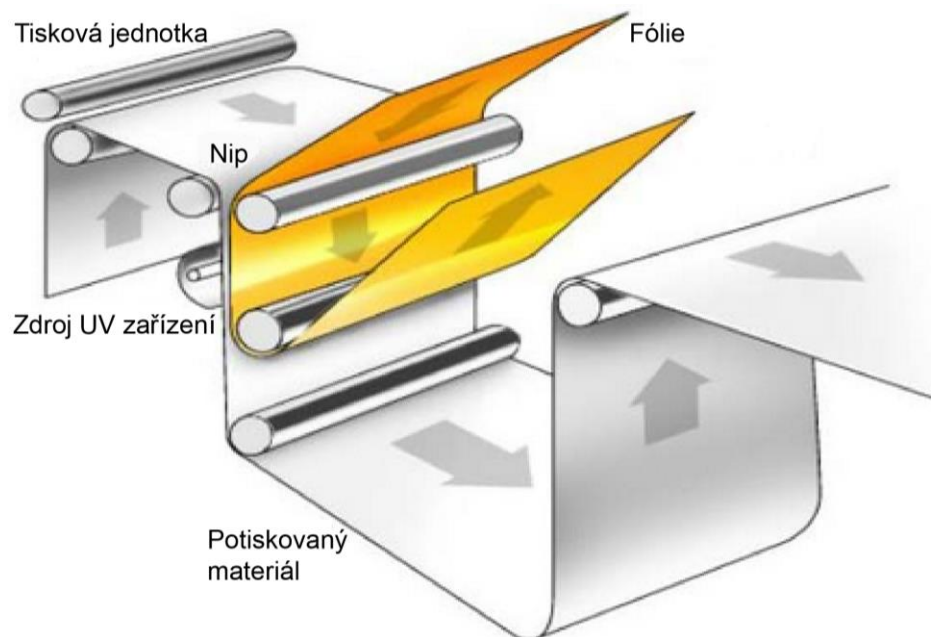
Pro digitální ražbu se nejčastěji používá technologie drop-on-demand, kdy se kapky z tiskové hlavy vystřelují pomocí elektrického impulsu (Obrázek 7) [1]. Tímto způsobem jsou vystřelovány pouze ty kapky, které tvoří obraz. Průměr trysek se pohybuje v rozmezí 10 až 50 mikrometrů. V závislosti na viskozitě inkoustu, objemu kapky a dalších parametrech je tisková hlava schopna z určité trysky vystřelit za sekundu 5 až 20 tisíc kapek inkoustu dané barvy [1].



Obrázek 7 – Schéma funkce inkjetové hlavy pro technologii drop-on-demand [1]

Pro přenos fólie se používá inkoust (lak), který se vytvrzuje pomocí UV záření. Laky mají podobnou viskozitu jako běžné (barevné) inkousty, takže se může využít stejné konstrukce tiskových hlav. Laky se nanesou na potiskovaný materiál, kde se poté vytvrdí pomocí zdrojů UV záření (rtuťových výbojek nebo diod emitujících UV záření – UV LED) [1].

Na potiskovaný materiál se nejprve natiskne UV zářením tvrditelným systémem (lakem) požadovaný motiv [4]. Vyhřívaný tlakový válec přitlačí fólii k tiskovině (Obrázek 8), která se přenese na tiskovinu pouze v místech, kde je UV lak. Následným ozářením UV zdrojem záření dojde k fixaci fólie na potiskovaném materiálu.



Obrázek 8 – Princip přenosu metalické fólie na tiskovinu při využití inkjetového tisku [8]

Je možná i kombinace tisku parciálního laku a ražby pomocí metalické fólie [9]. V tomto případě jsou ve stroji dvě sady inkjetových tiskových hlav. Obě sady tisknou parciální UV lak, na jeden se ovšem přenáší metalická fólie, na druhý nikoliv (rozdílná adheze metalické fólie k těmto lakům). Příkladem této kombinace je digitální tiskový stroj DM-MAXLINER 3D od společnosti Leonhard KURZ Stiftung [9].

1.6 UV zářením tvrditelné laky

Lakování potiskovaného materiálu zvyšuje brilanci barev, navazuje dojem hloubky obrazu, umožňuje dosáhnout kontrastu lesklé a matné plochy na potiskovaném materiálu a také chrání potiskovaný materiál proti vnějším vlivům a mechanickému poškození [1]. Výsledný efekt ovlivňuje celá řada faktorů, jako je typ laku, způsob nanášení laku, způsob zasychání, typ potiskovaného materiálu, složení laku a tiskových barev. Lak může být nanesen na celé ploše tisku nebo pouze na vybraných místech – potom se jedná o tzv. parciální lak (někdy nazýván také lokální či tónový lak) [1].

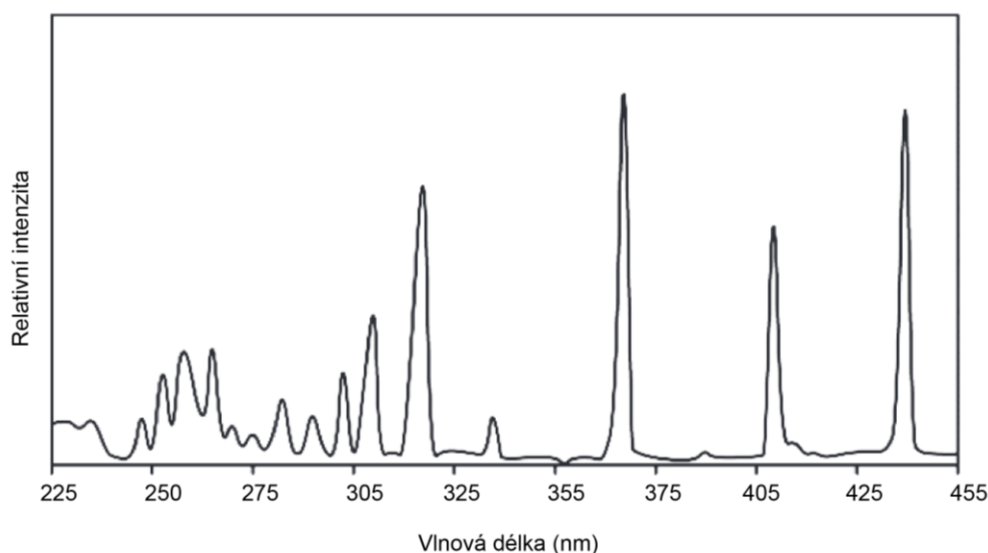
Náklady na vybavení tiskového stroje UV zářiči a materiály válců kompatibilními s UV laky jsou mnohonásobně převýšeny výhodou rychlého vytvrzení, vysokého lesku a téměř 100 % sušiny, zaručující silnou vrstvu laku odolnou vůči chemickým vlivům, teplu i mechanickému poškození [1].

V této práci se používalo parciální lakování, kdy se nanesené laky vytvrzovaly pomocí UV záření, a proto budou dále blíže popsány v následujících podkapitolách.

1.6.1 Zdroje UV záření

Jako zdroje UV záření pro vytvrzování laků se používají nejčastěji rtuťové výbojky, pracující v kontinuálním nebo pulsním režimu, vzácněji excimerové zdroje záření a zábleskové xenonové plynové výbojky [1]. Především v inkjetovém tisku s UV inkousty se místo rtuťových výbojek začaly používat UV-LED zdroje s emisním maximem vlnové délky kratší než 400 nm (nejčastěji 395 nm). UV-LED zdroje záření se ale využívají i v jiných tiskových technikách, jako je např. ofset, sítotisk apod. Tiskové barvy vyžadují pro vytvrzení vyšší dávku UV záření než laky, protože pigmenty používané v procesních tiskových barvách absorbují částečně i UV záření, které kvůli tomu nemůže být využito pro vytvrzování pojivého systému [1].

Výhodou rtuťové výbojky je, že přibližně 35 % emitovaného záření spadá do UV spektra [1]. Spektrum vyzařované rtuťovou výbojkou je ovlivňováno vnitřním tlakem a nejčastěji se v praxi používají středotlaké rtuťové výbojky (Obrázek 9), které mají tlak kolem 100 kPa. Mezi hlavní výhody rtuťových výbojek patří emise záření v UV-C, UV-B i UV-A oblasti, nízká cena a široká nabídka výbojek s různou délkou trubice a různými výkony. Dále jsou na trhu rtuťové výbojky dopované např. Fe nebo Ga, které mají emisní spektrum posunuté k delším vlnovým délkám [1].



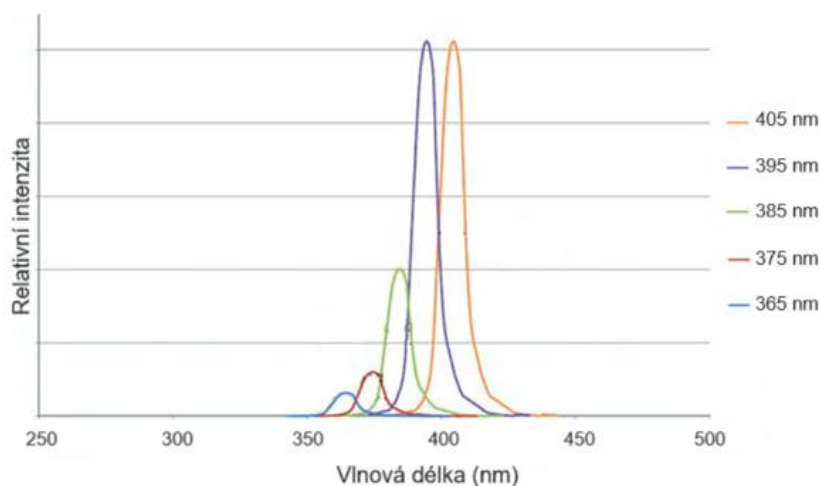
Obrázek 9 – Spektrum střednětlaké rtuťové výbojky [10]

Nevýhodou rtuťové výbojky je postupné stárnutí a zkracování životnosti při častém zapínání a vypínání. Životnost rtuťových výbojek se obvykle pohybuje v jednotkách tisíců hodin (1 až 1,5 tisíce hodin pro elektrodové výbojky, 5 až 8 tisíc hodin pro bezelektrodové rtuťové výbojky pracující v pulsním režimu, 2 až 3 tisíce hodin pro excimerové výbojky) a záleží na jejím typu, systému chlazení, počtu cyklů zapnutí a vypnutí, čistotě povrchu apod [1]. Další nevýhodou jsou člověku toxická rtuť, která se ve výbojce nachází, a vznik ozonu při emisi záření s vlnovou délkou nižší než 240 nm.

Výhodou UV-LED diod je dlouhá životnost (až 20 tisíc hodin) při nižší spotřebě elektrické energie, malé rozměry a tím i minimální požadavky na prostor ve vytvrzovaném modulu stroje.

Další výhodou je, že se při používání těchto výbojek nevytváří ozon a není třeba instalovat zařízení pro jeho odvod a neemitují IČ záření [1].

Nevýhodou UV-LED diod je poměrně úzké emisní spektrum (Obrázek 10), omezená nabídka diod emitujících záření různých vlnových délek v UV oblasti a vysoká cena [1].



Obrázek 10 – Spektrum UV-LED zdroje [11]

1.6.2 Složení UV zářením tvrditelných laků

Složení UV laků je obecně velmi podobné složení UV barev a je stejný i mechanismus vytvrzování (radikálová nebo kationtová polymerace) [1]. Formulace UV laku obsahuje reaktivní oligomery (např. epoxyakryláty, urethanakryláty, polyesterakryláty), monomery (jednofunkční, vícefunkční), fotoiniciátory řetězové polymerace a aditiva (upravují optické vlastnosti laku, povrchové napětí, stabilitu laku apod.). Laky neobsahují těkavá rozpouštědla, viskozita je nastavena podílem monomerů.

Monomer je výchozí stavební jednotka polymerního řetězce [12]. Monomery musejí mít ve své struktuře vhodné reaktivní skupiny, umožňující vzájemné spojování (např. dvojnou vazbu mezi uhlíky nebo epoxidovou skupinu). Molekuly výchozích monomerů obsahující funkční skupiny mohou být z hlediska jejich reakcí při syntéze makromolekuly jedno-, dvoj-, troj-, čtyř- i vícefunkční.

Pokud byl k výstavbě makromolekuly použit jenom jeden druh výchozího monomeru, jedná se o homopolymer. Při použití dvou a více monomerů se výsledný polymer nazývá kopolymer [12].

Oligomer je látka skládající se z několika monomerů jednoho nebo více druhů, opakovaně spojených mezi sebou. Fyzikální vlastnosti oligomeru se změní, přidáme-li k molekule nebo z ní odstraníme jeden nebo více monomerů [12].

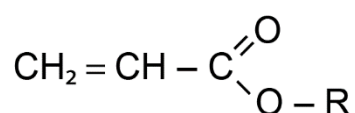
Polymer je látka skládající se z molekul charakteristickým opakováním jednoho nebo více druhů atomů či skupin atomů (monomerů) navzájem spojených v tak velkém počtu

(molekulová hmotnost bývá vyšší než 10^4), že existuje řada vlastností, které se zdatelně nemění přidáním nebo odstraněním jedné nebo několika stavebních jednotek (monomerů) [12].

1.6.3 Radikálová polymerace

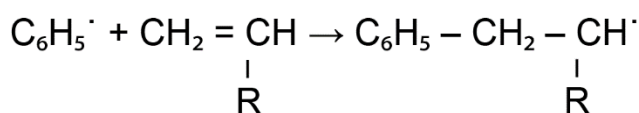
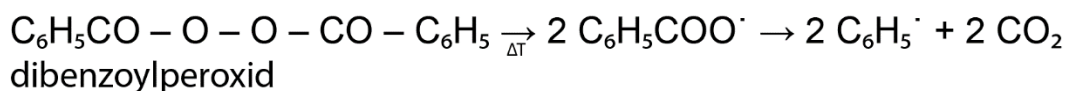
Z hlediska tvorby polymerní sítě se UV laky dělí na laky vytvrzované radikálovou polymerací vícefunkčních monomerů/oligomerů (nejčastěji akrylátů), a na laky vytvrzované polymerací cykloalifatických epoxidových pryskyřic nejčastěji pomocí kationtové polymerace [1]. Průběh kationtové polymerace je ve srovnání s radikálovou polymerací pomalejší. V této práci byly použité laky, které se vytvrzovali pomocí radikálové polymerace, a proto bude dále blíže popsána.

Radikálová polymerace patří mezi řetězové polyreakce, kdy reaktivní centrum má formu radikálu [12]. Reaktivní centra (radikály) vznikají z fotoiniciátorů nebo z termických iniciátorů. Fotoiniciátory jsou molekuly, které po absorpci UV záření vytváří (nejčastěji rozpadem) radikály. Monomery a oligomery jsou při vytvrzování barev a laků radikálovou polymerací nejčastěji různé typy akrylátů (viz Obrázek 11).



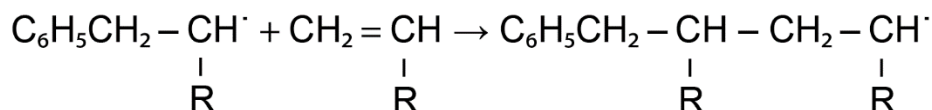
Obrázek 11 – Obecný vzorec akrylátu [12]

Jednoduchá kovalentní vazba σ je tvořena jednou dvojicí elektronů [12]. Dvojnou vazbu tvoří dva páry elektronů, z nichž jeden vytváří pevnou vazbu σ a druhý labilní vazbu π . Elektrony σ zaujímají ve vazbě vnitřní pozici a elektrony π pozici vnější. Elektrony π proto velmi snadno vstupují do chemických reakcí. Aktivním centrem při radikálové polymeraci je částice s nepárovým elektronem – volný radikál. Přítomnost nepárového elektronu umožňuje velmi snadnou reakci radikálu s dvojnou vazbou molekuly monomeru. Polymerace je zahajována adicí molekuly monomeru na primární volný radikál, tento krok je označován jako iniciace (Obrázek 12), a je následována adicí dalších molekul monomerů, přičemž se aktivní centrum (nepárový elektron) přesouvá vždy na konec rostoucí molekuly (propagace, viz Obrázek 13).



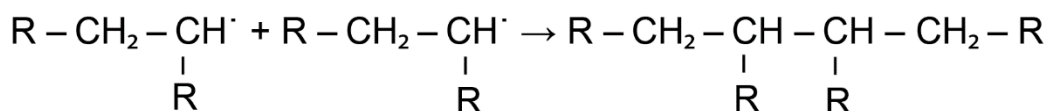
Obrázek 12 – Iniciace radikálové polymerace vinylického monomeru dibenzoylperoxidem [12]

Labilní složky π dvojných vazeb molekul monomeru jsou tedy využívány k tvorbě nově vznikajících vazeb σ [12]. Výsledkem tohoto procesu (propagace) je vznik polymerního řetězce neboli makromolekuly, v němž jsou stavební jednotky (původní molekuly monomeru) spojeny pevnými kovalentními vazbami.

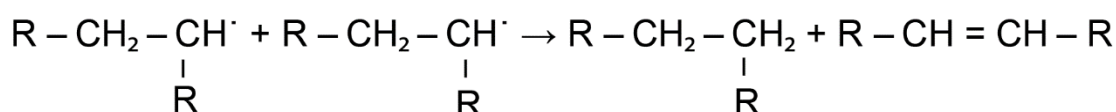


Obrázek 13 – Propagace polymerace [12]

Reakce je vždy provázena uvolněním tepla vyplývajícím z rozdílu energie mezi vazbami π a σ . Růst řetězce je ukončen vzájemnou reakcí dvou rostoucích radikálů, tento krok se označuje jako terminace a dělí se na rekombinaci (Obrázek 14) a disproportionaci (Obrázek 15).



Obrázek 14 – Terminace rekombinací [12]



Obrázek 15 – Terminace disproportionací [12]

Vedle ukončení růstu terminací dochází v některých případech i ukončení růstové reakce přenosem radikálu na jinou částici, tento jev se nazývá jako transfer/přenos radikálu.

1.6.4 Použití UV zářením tvrditelných laků

Použití UV laků má řadu předností, z nichž nejvýznamnější jsou rychlost vytvrzení (u radikálové polymerace zlomky sekund), vysoký lesk a silná ochranná vrstva laku [1]. Rychlé vytvrzení znamená možnost okamžitého následného zpracování tiskoviny. Mechanismus vytvrzování těchto laků řetězovou polymerací nezahrnuje nutnost penetrace laku do struktury povrchu tiskoviny, jako je tomu u ostatních typů laků, a tak jsou použitelné i pro lakování nesavých materiálů. Lakování savých materiálů naopak může vést k nedostatečnému vytvrzení a slepování archů ve stohu (tzv. blokování). Lak je proto třeba nanášet na uzavřené povrchy (hladké natírané papíry a kartony či plasty) [1].

Pro aplikace UV laků se uvádí, že minimální povrchové napětí tiskoviny by nemělo být nižší než 30 až 35 mN/m [1]. U těchto laků je obtížné měnit povrchové napětí. Poměrně vysoké povrchové napětí UV laků může způsobit špatné smáčení tiskoviny zhotovené tiskem konvenčními barvami, které díky přísadce vosků mají povrchové napětí nízké. V tomto případě

je nutné použít primer nebo použít pro tisk barvy s výrazně nižším obsahem vosků a už v rámci předtiskové přípravy redukovat celkovou tloušťku barvové vrstvy, vznikající přetiskem. Bezproblémové je lakování archů vytištěných UV barvami, ale i v tomto případě je lepší použít mezisušeni, aby se lak nenanášel na úplně nevytvrzenou vrstvu [1].

Správně vytvrzená vrstva UV laku je chemicky neaktivní a fyziologicky neutrální [1]. V případě laků vytvrzovaných radikálovou polymerací se během vytvrzování mohou tvořit nízkomolekulární produkty rozpadu fotoiniciátoru. Tyto látky nízkomolekulární povahy způsobují charakterický zápach, který při nedokonalém vytvrzování může přetrvávat [1].

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 Použité materiály

2.1.1 UV zářením tvrditelné laky

V této práci byli použity dva laky určené pro digitální lakovací stroje: NWIJ140 UV Clear a Special NWIJ240 HDC varnish. Oba laky jsou od výrobce Nazdar ink technologies.

Jedná o UV laky, které je možno vytvrzovat pomocí různých zdrojů záření. Pro NWIJ140 UV Clear (v práci označeno 140 UV) se používá rtuťová výbojka, a pro Special NWIJ240 HDC varnish (v práci označeno 240 HDC) lze použít UV-LED diody.

Oba laky jsou vytvrzované radikálovou polymerací a pojivý systém je založen na akrylátových monomerech (dipropylen glykol diacrylát; isobornyl acrylát; trimethylolpropan polyoxyethylen triacrylát atd.) [13, 14]. Liší se především iniciačním systémem, kdy lak 240 HDC je možno vytvrzovat pomocí UV-LED diod a lak 140 UV nikoliv.

Oba laky jsou v kapalném stavu toxické, při opakované expozici může dojít k alergickým reakcím, podráždění dýchacích cest, možné poškození orgánů [13, 14]. Proto se s těmito laky musí zacházet velmi opatrně.

2.1.2 Metalické fólie pro horkou ražbu

V rámci této bakalářské práce bylo testováno 11 různých fólií pro horkou ražbu od 4 výrobců: TFP Universal, Foilco Limited, Leonhard KURZ Stiftung a Foil Industry.

Od společnosti TFP Universal byly testovány 4 fólie:

- FR 33/SXC 1000 – stříbrná metalická fólie, vhodná pro digitální tisk a pro stroje s lakem a ražbou. Fólie se vyznačuje vysokým leskem a hladkostí. Je vhodná pro přenos plných ploch i jemných detailů. Teplota a rychlost při zpracování záleží na konkrétním stroji a zpracovaném materiálu (je třeba dělat vlastní testy) [15].
- FR 33/SXC 4001 – zlatá metalická fólie, vhodná pro digitální tisk a pro stroje s lakem a ražbou. Fólie se vyznačuje vysokým leskem a hladkostí. Je vhodná pro přenos plných ploch i jemných detailů. Teplota a rychlost při zpracování záleží na konkrétním stroji a zpracovaném materiálu (je třeba dělat vlastní testy) [15].
- FR 15/ZF – zelená holografická fólie, vhodná pro PP a PVC (polypropylen a polyvinylchlorid) materiály. Doporučovaná teplota zpracování je v rozsahu 100–160 °C podle způsobu aplikace a používaných materiálů [16].
- FR 41/ZF – zlatá metalická fólie, vhodná pro PP a PVC materiály. Doporučovaná teplota zpracování je v rozsahu 100–160 °C podle způsobu aplikace a používaných materiálů [16].

Od firmy Foilco Limited byly testovány 4 fólie:

- Foilco 6010 RTX – stříbrná metalická fólie, vhodná pro textilie. Pro ražbu systémem deska–deska je doporučená teplota 120–150 °C, pro ražbu systémem válec–válec 140–170 °C [17].
- Foilco 6849 RTX – holografická zelená fólie, vhodná pro textilie. Pro ražbu systémem deska–deska je doporučená teplota 120–150 °C, pro systémem válec–válec 140–170 °C [17].
- Foilco 6892 GF/1 – metalická/holografická fólie, vhodná pro akcidenční tiskoviny (svatební oznámení, pohlednice, certifikáty atd). Vhodná teplota pro nanášení systémem válec–válec je 120–160 °C [18].
- Foilco 6916 NB – metalická/holografická fólie, vhodná pro akcidenční tiskoviny (svatební oznámení, pohlednice, certifikáty atd). Vhodná teplota pro nanášení systémem válec–válec je 120–160 °C [19].

Od firmy Leonhard KURZ Stiftung byly testovány 2 fólie:

- KURZ LUXOR MSU 220 – zlatá metalická fólie, vhodná pro PVC materiály a konvenční horkou ražbu. Označení MSU znamená „multi surface usage“. Pro plochou ražbu deska–deska je doporučená teplota 90–120 °C, pro deska–válec je vhodná teplota 135–170 °C a pro válec–válec je vhodná teplota 170–230 °C. Skladovací doba je max 12 měsíců od doby doručení při teplotě 10–35 °C s relativní vlhkostí vzduchu 40–60 % a mimo přímý sluneční svit [20].
- ALUFIN SCODIX 351 – stříbrná metalická fólie, vhodná pro PVC materiály. Teplota a rychlost při zpracování záleží na konkrétním přístroji a zpracovávaném materiálu (je třeba dělat vlastní testy). Skladovací doba je max 12 měsíců od doby doručení při teplotě 10–35 °C s relativní vlhkostí vzduchu 40–60 % a mimo přímý sluneční svit [21].

Od firmy Foil Industry byla testována 1 fólie:

- Foil Industry 41V1014 – zlatá metalická fólie nevhodná pro přímý přenos na papír, kůži a látku. Tato fólie je zejména vhodná pro přenos na UV barvy/laky, na reliéfní tisk (silnější vrstvy barvy např. připravené sítotiskem, Brailovo písplo, apod.). Umožňuje přenos jemných motivů (např. tenkých linek). Doporučená teplota je 100–150 °C, záleží na konkrétním stroji. Skladovatelnost je několik let, pokud je uchována v suchém prostředí při teplotách 10–25 °C [22].

2.1.3 Tesa páska

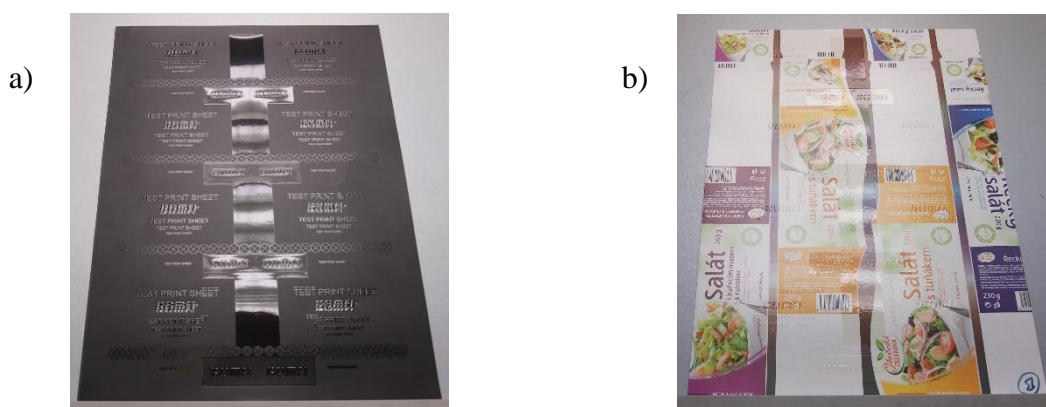
Páska tesa® 4104 je prémiová balicí páska s nosičem z PVC (polyvinylchlorid) a lepidlem z přírodního kaučuku [23]. Lepidlo z přírodního kaučuku je navrženo tak, aby mělo dobrou adhezi k různým materiálům. V této bakalářské práci byla použita tato páska pro hodnocení adheze metalické fólie k tiskovině. Tesa páska 4104 má definovanou přilnavost na ocel 2,3 N/cm, její celková tloušťka je 65 mikrometrů, protažení při přetržení 60 % a síla potřebná pro přetržení je 60 N/cm [24]. Díky tomu bylo možné posoudit, jestli daná metalická fólie má

adhezi vyšší k potiskovanému materiálu (páska se odtrhla bez metalické fólie) nebo nižší (páska byla odtržena spolu s metalickou fólií).

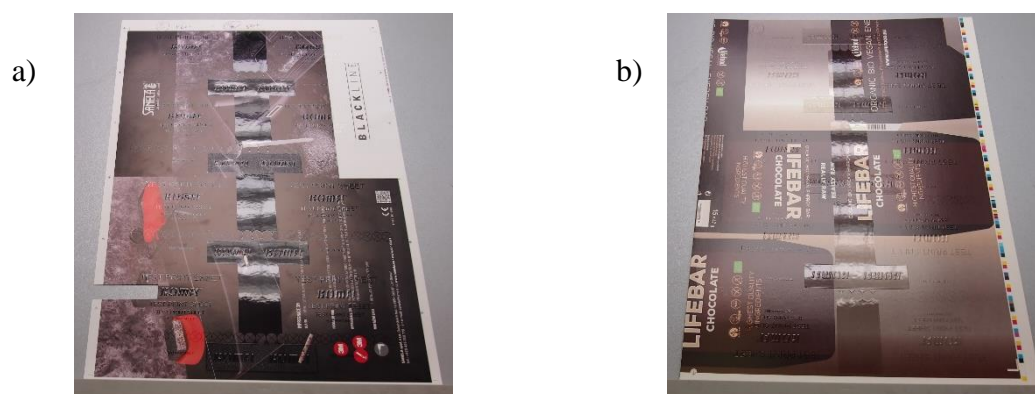
2.1.4 Potiskované materiály

V této práci byly použity 4 druhy potiskovaných materiálů o formátu SRA3 (320×450 mm):

- karton o plošné hmotnosti 200 g/m² s matným laminem (Obrázek 16a),
- karton o plošné hmotnosti 200 g/m² potištěný ofsetovým tiskem (Obrázek 16b),
- karton o plošné hmotnosti 270 g/m² potištěný ofsetovým tiskem (Obrázek 17a),
- karton o plošné hmotnosti 300 g/m² potištěný ofsetovým tiskem (Obrázek 17b).



Obrázek 16 – a) Karton o plošné hmotnosti 200 g/m² s matným laminem, b) karton o plošné hmotnosti 200 g/m² potištěný ofsetovým tiskem



Obrázek 17 – a) Karton o plošné hmotnosti 270 g/m² potištěný ofsetovým tiskem, b) karton o plošné hmotnosti 300 g/m² potištěný ofsetovým tiskem

Karton s plošnou hmotností 200 g/m² s matným laminem má v tabulkách Testu 1 označení A a C. Karton o plošné hmotnosti 270 g/m², který byl potištěný ofsetovým tiskem má v tabulkách Testu 1 označení B a D. Archy označené A a B byly potištěny lakem 140 UV, archy označené C a D byly potištěny lakem 240 HDC.

Karton o plošné hmotnost 200 g/m² potištěný ofsetovým tiskem byl použit pouze pro lak 240 HDC v Testu 2. Karton o plošné hmotnost 300 g/m² potištěný ofsetovým tiskem byl použit v Testu 2 pro posledních 13 archů pro fólii ALUFIN SCODIX 351 a lak 240 HDC.

Všechny archy byly připraveny a vybrány pro Testy 1 a 2 firmou KOMFI spol. s r. o. Plošná hmotnost byla změřena pomocí vah pro měření plošné hmotnosti od firmy Karl Schröder, které měří plošnou hmotností pro vzorek o velikosti 100 cm² (10×10 cm).

2.2 Použitá zařízení

SPOT-MATIC 54

Stroje série Spot-matic jsou digitální lakovací stroje pro parciální lakování od výrobce KOMFI spol. s r. o. Tato zařízení používají technologii inkoustového tisku pro nanášení UV laku na potiskovaný materiál [25]. Tento způsob nanášení laku je proto vhodný pro zakázky s menším objemem se složitými lakovacími efekty, které vyžadují před vytvrzením vícestupňový tisk.

Série 54 má robustní a odolný design pro rychlé a snadné zpracování zakázky s minimální dobou přípravy [26]. Lze tisknout 2D a 2,5D efekty s jedním typem laku. Registrace je možná za běhu stroje pomocí technologie I2IR. Je zde i možnost tisku variabilních dat pomocí čtečky čárových kódů. Má velmi přesnou registraci díky patentovanému řešení vakuového dopravníku.

SPOT-FOILER 54

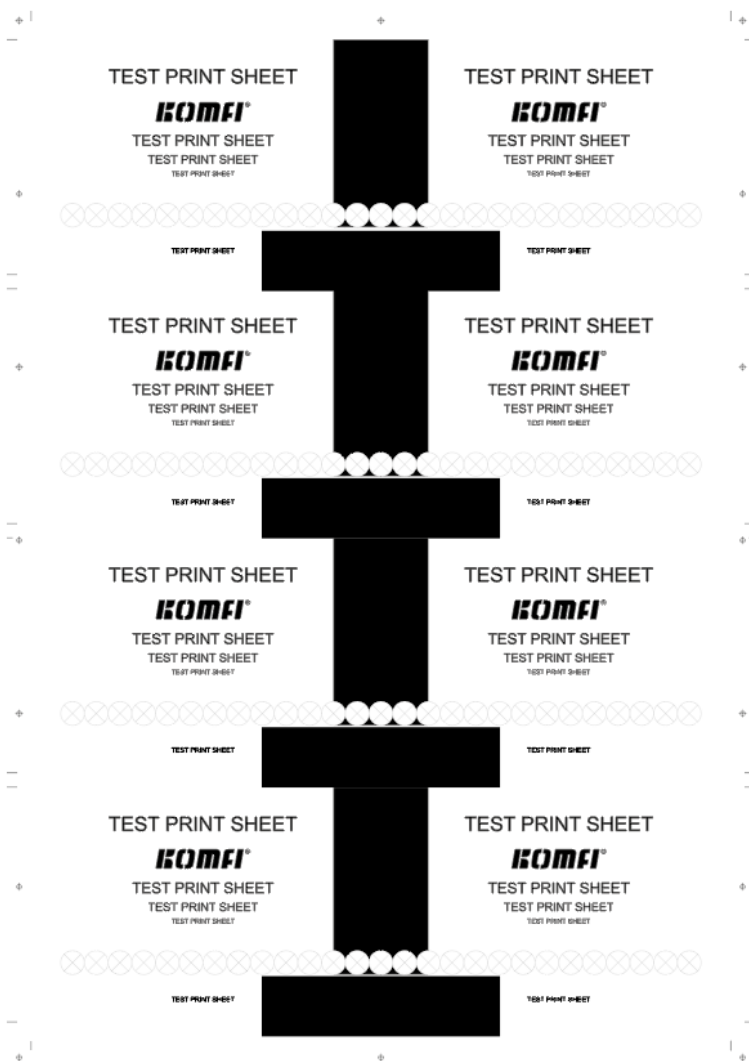
Toto zařízení je určeno pro nanášení metalické fólie na tiskovinu a lze je umístit inline za stroj Spot-matic, které na potiskovaném materiálu vytváří zvláštní efekty (lesklé, barevné, metalické) od výrobce KOMFI spol. s r. o. [27]. Fólie se speciálním efektem se přenáší na potiskovaný materiál pomocí tepla a tlaku, na kterém je nanosená vrstva UV laku. Z válců v modulu, kde se upíná požadovaná fólie, se fólie přesune nad potiskovaný materiál a pomocí tepla a tlaku se přenesou na potiskovaný materiál mezi dvěma vyhřívanými válci. Po dokončení procesu se přenosová fólie navine na hřídel.

Fotoaparát Olympus PEN E-PL3

Tento digitální fotoaparát byl použit pro nasnímaní detailů vzorků tisků uvedených v této práci.

2.3 Postup měření a hodnocení

Cílem experimentální části práce bylo ohodnotit kvalitu přenosu 11 metalických fólií různých výrobců na lakovacím zařízení KOMFI Spot-matic 54 a zařízení pro přenos metalických fólií na tiskovinu Spot-foiler 54 od firmy KOMFI spol. s r. o. Jednalo se o přenos metalických fólií na tiskovinu o formátu SRA3 opatřenou UV lakem (Obrázek 18). Byly použity 2 typy UV laků (viz kapitola 2.1.1).



Obrázek 18 – Celý testovací arch bez metalické fólie; tiskový motiv byl připraven firmou KOMFI spol. s r. o. na základě jejich požadavků

Přenos metalických fólií na potiskovaný materiál probíhal ve firmě KOMFI spol. s r. o. na předem připravených arších. Archy byly potištěny UV laky ve stroji KOMFI Spot-matic 54. Lak s označením 140 UV byl na archy nanesen několik dní před přenosem metalické fólie. Lak s označením 240 HDC se nanášel na archy z tiskové jednotky těsně předtím, než se přenesla i metalická fólie. Tloušťka laku naneseného na potiskovaný materiál se pohybovala v desítkách mikrometrů, k měření se použil tloušťkoměr firmy Karl Schröder s přesností 1 mikrometr. 2D písmo a tenké linky měl tloušťku lakové vrstvy 20 mikrometrů, 2,5D písmo 150 mikrometrů, plná plocha 40 mikrometrů a strukturovaný lak 55 mikrometrů.

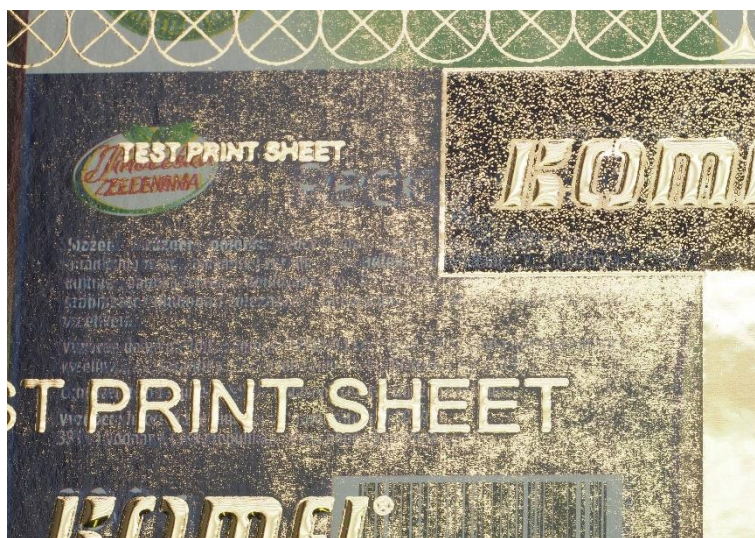
Testovanými parametry ovlivňujícími kvalitu přenosu metalické fólie na tiskovinu byly:

- rychlost archu při přenosu metalické fólie (2–15 m/min),
- teplota tiskových válců při přenosu metalické fólie na potiskovaný materiál (120–180 °C),
- tlak mezi válci při přenosu metalické fólie 4–6 barů (1 bar je 100 000 Pa).

Během tisku se průběžně kontrolovala kvalita přenosu fólie na parciální lak – jestli se metalická fólie přenesla kde má, nevytváří se defekty a má dostatečnou adhezi. Pokud byly výsledky neuspokojivé, test se za daných podmínek ukončil a pokračovalo se s jiným nastavením.

Hlavní hodnocení kvality přenosu metalické fólie a její adheze probíhalo na Katedře polygrafie a fotofyziky, kde byly všechny archy podrobně a uceleně hodnoceny.

Prvním úkolem bylo nalezení dvou fólií, které měly nejlepší přenos na potiskovaný materiál. K tomu bylo potřeba zjistit, který typ laku je lepší pro tento druh technologie, a na který lak se metalické fólie přenáší s menším počtem defektů. Důležitou částí tohoto úkolu bylo rozpoznat nekvalitně přenesenou metalickou fólii (Obrázek 19), a ojedinělá chybná nanesení laku na potiskovaný materiál (Obrázek 20). Chyby při tisku laku se v hodnocení ignorovaly, a pouze se vytiskl nový testovací arch se stejným nastavením. V několika případech byla šířka metalické fólie menší než šířka potiskovaného materiálu (Obrázek 21), ale na celkovém hodnocení to nemělo vliv.



Obrázek 19 – Nekvalitní nanesení fólie na potiskovaný materiál – fólie FR 41/ZFV, teplota 180 °C, rychlost 2 m/min, lak 140 UV



Obrázek 20 – Chybné nanesení laku na potiskovaný materiál – fólie FR 33/SXC 1000, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC



Obrázek 21 – Úzká šíře metalické fólie na potiskovaném materiálu – fólie KURZ LUXOR MSU 220, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC

Druhým úkolem bylo najít pro dvě nejlépe se přenášeající metalické fólie optimální teplotu a rychlost přenosu. Cílem bylo najít nejnižší teplotu (úspora energií), při které se bude metalická fólie kvalitně přenášet na potiskovaný materiál a dále najít co nejvyšší rychlost přenosu pro zajištění efektivní výroby. Sledovanými parametry ovlivňující kvalitu přenosu metalických fólií byla rychlost, teplota a tlak.

Kvalita přenosu metalické fólie se na tiskovině hodnotila pomocí osmi základních parametrů:

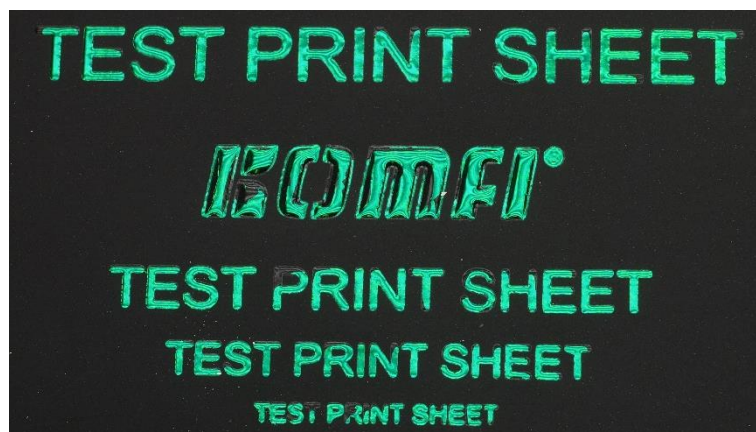
- kvalita přenosu metalické fólie na 2D písmo,
- kvalita přenosu metalické fólie na 2,5D písmo,
- kvalita přenosu metalické fólie v plné ploše,
- kvalita přenosu metalické fólie na strukturovaný lak,
- kvalita přenosu metalické fólie v tenkých linkách,
- prášení metalických fólií,
- adheze metalické fólie k lakové vrstvě,
- odolnost metalické fólie vůči poškrábání.

Adheze metalické fólie k lakové vrstvě a odolnost vůči poškrábání se hodnotilo pouze na těch arších, kde došlo k dostatečně dobrému přenosu metalické fólie v plných plochách.

2D písmo je Arial regular ve velikostech 8, 13, 18 a 23 bodů (Obrázek 22 a 23). U písma se hodnotila hlavně čitelnost, kvalita liter a množství přenesené fólie. U 2,5D písma o velikosti 33 bodů se kromě výše uvedených parametrů hodnotila i tloušťka lakové vrstvy, aby nedošlo k hodnocení metalické fólie na špatně naneseném laku.

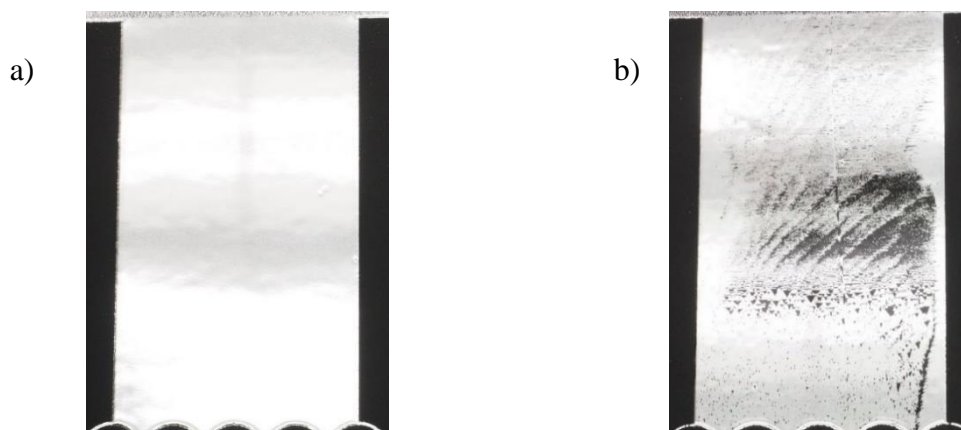


Obrázek 22 – Detail 2D a 2,5D písma – fólie ALUXIN SCODIX 351, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 1



Obrázek 23 – Detail 2D a 2,5D písma – fólie Foilco 6849 RTX, teplota 150 °C, rychlost 10 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 5

Kvalita plné plochy byla hodnocena na obdélníku ve střední části archu (viz Obrázek 18 a 24a). Hodnotila se přesnost přenosu metalické fólie na krajích plochy (zda byl rovný či zubatý) a kvalita přenosu v plné ploše (Obrázek 24b). Nejlépe hodnocené archy se poté použili i u následujících testů adheze a odolnosti proti poškrábání.



Obrázek 24 – a) Detail plné plochy – fólie KURZ LUXOR MSU 220, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 1, b) detail plné plochy – fólie FR 33/SXC 1000, teplota 150 °C, rychlost 15 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 5

Strukturovaný lak (Obrázek 25 a 26) měl ze všech parametrů nejvíce proměnných při hodnocení. Hodnotila se jak kvalita struktury a přenesená metalická fólie na lakovou vrstvu, tak kvalita 2,5D písma ve struktuře a jeho ovlivnění výsledků (2,5D písmo mělo větší tloušťku než okolní strukturovaný lak).



Obrázek 25 – Detail parciálního laku a 2,5D písma – fólie ALUFIN SCODIX 351, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 1



Obrázek 26 – Detail parciálního laku a 2,5D písma – fólie Foilco 6010 RTX, teplota 150 °C, rychlost 10 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 5

Tenké homogenní linky byly vytvořeny pomocí kružnice o průměru 1 cm a dvou úseček ve tvaru kříže uvnitř kružnice (Obrázek 27 a 28). Linky mají v datech průměr 0,1 mm, ale tloušťka linek s přenesenou metalickou fólií se pohybovala okolo 0,3 mm (měřeno pomocí mikroskopu LEICA DM750). Hodnotila se kvalita přenosu metalické fólie.

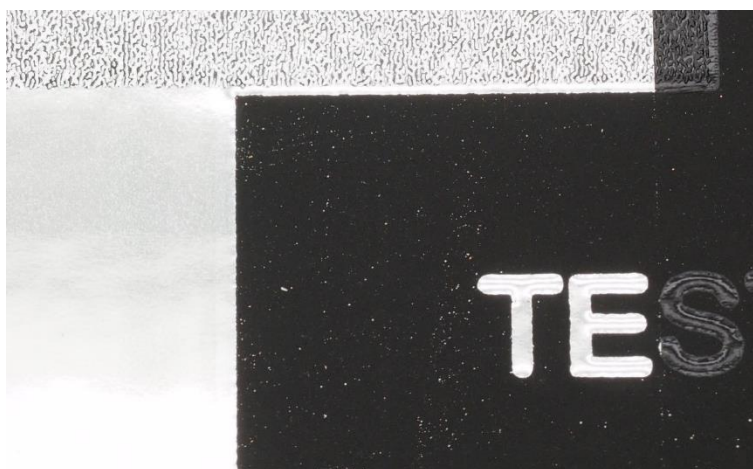


Obrázek 27 – Detail tenkých linek – fólie FR 41/ZF, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 1



Obrázek 28 – Detail tenkých linek – fólie Foilco 6916 NB, teplota 150 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 5

Prášení je chyba při přenosu metalické fólie na povrch potiskovaného materiálu, kdy se na nelakovanou část tiskového archu přenáší drobné částičky metalické fólie. Tento defekt se nejčastěji objevoval při zvýšených rychlostech (Obrázek 29).



Obrázek 29 – Detail prášení – fólie KURZ LUXOR MSU 220, teplota 180 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC

Vyhodnocení kvality přenosu metalické fólie bylo podle škály 1–5, kdy:

- 1 znamená perfektní přenos bez žádných viditelných defektů,
- 2 znamená minimální defekty na minimu míst na archu (1–10 %),
- 3 znamená minimální defekty na více místech (11–20 %),
- 4 znamená více defektů na více místech (21–30 %),
- 5 znamená závažné defekty a jejich výskyt na větší ploše (více než 30 %).

Pokud se v tabulce s výsledky objevuje symbol – , znamená to, že daná kombinace nebyla vytištěna. V kolonce Prášení je pouze zaznamenáno, zda prášení probíhalo či ne – označeno Ano/Ne v tabulkách. V tabulkách je papír s matným laminem označen A a C (A je pro lak 140 UV a C je pro lak 240 HDC) a nelaminovaný karton je označen B a D (B je pro 140 UV a D je pro lak 240 HDC). Pro tisk a přenesení metalické fólie byly vždy použity 2 archy od každého potiskovaného materiálu pro každou kombinaci testovaných parametrů.

2.3.1 Test 1 – Výběr dvou nejlépe se přenášejících metalických fólií

Test probíhal primárně pro dvě základní teploty (150 a 180 °C) a tři základní rychlosti (5, 10 a 15 m/min). V případě, že přenos metalické fólie dobře nefungoval při nejmenší rychlosti, nebylo nutné provádět test ani pro zbytek rychlostí. Se vzrůstající rychlostí se přenos metalické fólie zhoršoval a stával se méně kvalitní.

Pro tisk a přenesení metalické fólie byly vždy použity 2 archy od každého potiskovaného materiálu (A a B pro 140 UV lak, C a D pro 240 HDC lak) pro každou kombinaci testovaných parametrů.

U některých metalických fólií byly prováděny i pokusy s dalšími teplotami (165 a 170 °C), jestli nedojde k výraznému zlepšení přenosu metalické fólie. Byly prováděny i některé pokusy s menší rychlostí (2 m/min), ale od této rychlosti se rychle ustoupilo, neboť je tato rychlost příliš pomalá pro běžný provoz tiskárny. Cílem těchto prvotních testů bylo nalézt dvě metalické fólie, které se přenášejí na tiskovinu nejlépe a ty pak dále testovat podrobněji. Tlak při tomto testu zůstal konstantní, a to 4 bary (400 000 Pa).

2.3.2 Test 2 – Optimalizace

Cílem tohoto testování bylo nalézt optimální podmínky pro dvě nejlépe se přenášejí fólie. Přenos metalické fólie probíhal při více teplotách (120, 140, 150, 160, 170, 180 °C), dvou základních rychlostech (3 a 5 m/min) a tlaku mezi válci při přenosu metalické fólie na potiskovaný materiál 4, 5 a 6 barů.

Byly prováděny i pokusy s vyšší rychlostí (10 m/min), ale při této rychlosti nedocházelo ke správnému přenosu větších ploch metalické fólie. Při pár pokusem o přenos metalické fólie za tlaku 5,5 baru nedošlo k žádným rozdílům ve výsledcích – bylo to stejné jako při používání tlaku 5 barů, z tohoto důvodu se proto zůstalo u měření tlaku v hodnotách 4, 5 a 6 barů. Pro tento test se používal pouze karton s ofsetovým tiskem (nelaminovaný).

2.3.3 Test 3 – Adheze metalických fólií k lakové vrstvě a jejich odolnost proti poškrábání

Při tomto testu byla kontrolována adheze metalických fólií k lakové vrstvě potiskovaného materiálu v plných plochách. Tento test byl prováděn pomocí Tesa pásek (Tape test). Také byl prováděn test odolnosti proti poškrábání, který se dělal nehtem. Tyto zkoušky byly prováděny na Katedře polygrafie a fotofyziky.

Tesa páska 4104, která byla využita pro testování, má adhezi 2,3 N/cm. Pokud fólie vydržela odtržení této pásky, fólie má vyšší adhezi k lakové vrstvě. Čím lepší adheze, tím lépe metalická fólie drží na parciálním laku a má větší životnost. Hodnocení množství ztržené fólie bylo hodnoceno vizuálně a je rozděleno do 5ti bodů, přičemž:

- 1 znamená 0 % odtržené metalické fólie,
- 2 znamená 1–15 % odtržené metalické fólie,
- 3 znamená 16–30 % odtržené metalické fólie,
- 4 znamená 31–50 % odtržené metalické fólie,
- 5 znamená 51–100 % odtržené metalické fólie.

Pro každý vybraný arch se testovalo 3–6 pokusy, záleželo na kvalitě plné plochy, aby nedošlo ke špatnému hodnocení. K dispozici byly i další Tesa pásky 4124 (adheze 3,2 N/m) a 64284 (adheze 4 N/m), ale jelikož už páska 4104 s adhezí 2,3 N/m dokázala strhnout metalické fólie, tak druhé dvě pásky (s vyšší adhezí) nebyly použity. Test odolnosti proti poškrábání byl prováděn pro zjištění výdrže metalické fólie proti mechanickému/fyzickému namáhání a poškození. Tento test byl proveden rytím nehtu v plné ploše metalické fólie. Byla snaha o stejný přítlak nehtu k testovaným vzorkům a testování všech vzorků probíhalo v rámci jednoho dne. Hodnocení je dvěma stupni (1 a 2), přičemž 1 znamená že nehet neudělal rýhu do metalické fólie, 2 znamená, že nehtem došlo k poškození metalické fólie a vytvoření rýhy.

2.4 Výsledky a diskuse

2.4.1 Test 1 – Výběr dvou nejlépe se přenášejících metalických fólií

Během testování bylo očividné, že lak 240 HDC vykazuje lepší výsledky při přenosu metalických fólií než lak 140 UV. Z tohoto důvodu se pro testování s lakem 140 UV použilo pouze 10 fólií. Metalická fólie FR 33/SXC 4001, které bylo málo, byla ponechána na testování s lakem 240 HDC. U mnoha fólií docházelo k tzv. prášení.

V následujících tabulkách (Tabulka 1–21) je uvedeno hodnocení všech archů v tomto testu. Tabulky 1–10 obsahují metalické fólie, které se přenášely na lak 140 UV, Tabulky 11–21 obsahují metalické fólie, které se přenášely na lak 240 HDC.

Tabulka 1 – Metalická fólie FR 33/SXC 1000 s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	5	5	5	5	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	5	5	5	5	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 2 – Metalická fólie FR 15/ZF s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 3 – Metalická fólie FR 41/ZF s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	2	180	2	2	2	2	3	Ano
	5	180	5	3	5	5	4	Ano
	10	180	3	5	5	3	3	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	2	180	2	3	2	2	3	Ne
	5	180	2	3	2	2	3	Ne
	10	180	3	5	5	3	4	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 4 – Metalická fólie Foilco 6010 RTX s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 5 – Metalická fólie Foilco 6849 RTX s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	5	5	5	5	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	5	5	5	5	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 6 – Metalická fólie Foilco 6892 GF/1 s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	2	150	5	5	5	5	5	Ano
	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	3	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	2	150	2	5	2	2	2	Ne
	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	2	5	5	3	3	Ano
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 7 – Metalická fólie Foilco 6916 NB s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 8 – Metalická fólie KURZ LUXOR MSU 220 s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 9 – Metalická fólie ALUFIN SCODIX 351 s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	2	180	1	3	2	1	3	Ne
	5	180	1	3	5	5	3	Ne
	10	180	4	5	5	4	4	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	2	180	2	4	2	2	3	Ne
	5	180	3	4	5	3	4	Ne
	10	180	4	5	5	4	4	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 10 – Metalická fólie Foil Industry 41V1014 s lakem 140 UV

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
A	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–
B	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 11 – Metalická fólie FR 33/SXC 1000 s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	4	4	4	3	4	Ne
	10	150	4	4	5	3	4	Ne
	15	150	5	5	5	4	5	Ne
	5	165	5	–	3	–	5	Ano
	8	165	3	3	3	3	4	Ano
	5	170	2	2	2	2	2	Ano
	8	170	5	3	3	3	3	Ano
	5	180	2	3	2	1	2	Ano
	8	180	3	–	2	–	5	Ano
	10	180	3	3	3	2	3	Ano
	15	180	4	4	4	2	3	Ano
D	5	150	3	4	3	4	4	Ne
	10	150	3	5	4	4	4	Ne
	15	150	4	5	5	5	5	Ne
	5	165	2	3	2	3	2	Ne
	8	165	2	4	2	3	3	Ne
	5	170	2	4	2	3	2	Ne
	8	170	2	3	3	3	3	Ne
	5	180	2	3	2	3	3	Ne
	8	180	2	3	3	3	3	Ne
	10	180	2	3	2	3	3	Ne
	15	180	2	4	3	3	3	Ano

Tabulka 12 – Metalická fólie FR 15/ZF s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	5	5	5	5	5	Ne
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	165	5	4	5	5	5	Ne
	8	165	5	5	5	4	5	Ne
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	5	5	5	4	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–
D	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	5	5	5	5	5	Ne
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	165	5	5	3	5	5	Ne
	8	165	5	5	5	5	5	Ne
	5	180	5	5	3	5	5	Ne
	10	180	5	5	5	5	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 13 – Metalická fólie FR 41/ZF s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	3	3	3	2	2	Ano
	10	150	5	4	3	3	4	Ne
	15	150	5	5	4	4	5	Ano
	5	165	3	3	2	1	2	Ne
	8	165	3	3	2	1	2	Ano
	5	180	2	2	2	2	1	Ano
	10	180	5	5	5	1	5	Ano
	15	180	–	–	–	–	–	–
D	2	150	2	3	2	2	3	Ne
	5	150	2	2	2	3	2	Ne
	10	150	2	3	2	3	3	Ne
	15	150	4	5	3	4	4	Ne
	5	165	2	3	2	3	3	Ne
	8	165	2	3	2	3	3	Ne
	5	180	2	3	2	1	2	Ne
	10	180	2	2	2	2	3	Ne
15	180	–	–	–	–	–	–	

Tabulka 14 – Metalická fólie FR 33/SXC 4001 s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	5	5	2	3	5	Ne
	10	150	5	5	4	4	5	Ne
	15	150	5	5	5	4	5	Ne
	5	180	3	4	2	3	5	Ne
	10	180	4	4	3	3	5	Ne
	15	180	5	5	4	3	5	Ne
D	5	150	5	5	2	3	5	Ne
	10	150	5	5	5	4	5	Ne
	15	150	5	5	5	5	5	Ne
	5	180	5	4	2	4	5	Ne
	10	180	5	5	4	4	5	Ne
	15	180	5	5	5	4	5	Ne

Tabulka 15 – Metalická fólie Foilco 6010 RTX s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–
D	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 16 – Metalická fólie Foilco 6849 RTX s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	4	5	2	4	5	Ne
	10	150	5	5	3	5	5	Ne
	15	150	–	–	–	–	–	–
	10	165	5	5	2	4	4	Ano
	15	165	4	5	2	4	5	Ne
	5	180	4	3	2	4	4	Ano
	10	180	4	3	3	4	5	Ano
	15	180	–	–	–	–	–	–
D	5	150	5	5	3	5	5	Ne
	10	150	5	5	2	5	5	Ne
	15	150	–	–	–	–	–	–
	10	165	5	4	2	5	5	Ne
	15	165	5	5	2	5	5	Ne
	5	180	4	4	3	4	5	Ne
	10	180	4	4	3	5	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 17 – Metalická fólie Foilco 6892 GF/1 s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	3	3	3	1	3	Ne
	10	150	4	4	5	3	3	Ne
	15	150	5	4	5	4	5	Ano
	5	180	2	3	2	1	2	Ano
	10	180	3	4	3	3	3	Ano
	15	180	2	4	3	3	4	Ne
D	5	150	2	3	3	1	2	Ne
	10	150	2	4	5	4	3	Ne
	15	150	5	5	4	4	5	Ne
	5	180	3	3	2	1	2	Ne
	10	180	3	3	3	3	5	Ne
	15	180	3	3	3	3	5	Ne

Tabulka 18 – Metalická fólie Foilco 6916 NB s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	5	3	3	3	5	Ne
	10	150	3	3	3	3	5	Ne
	15	150	5	5	5	4	5	Ne
	5	180	3	3	2	3	4	Ne
	10	180	3	4	2	3	3	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–
D	5	150	4	4	3	3	5	Ne
	10	150	5	4	3	4	5	Ne
	15	150	5	5	5	5	5	Ne
	5	180	5	4	2	4	5	Ne
	10	180	4	4	3	4	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 19 – Metalická fólie KURZ LUXOR MSU 220 s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–
D	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	–	–	–	–	–	–
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	180	5	5	5	5	5	Ne
	10	180	–	–	–	–	–	–
	15	180	–	–	–	–	–	–

Tabulka 20 – Metalická fólie ALUFIN SCODIX 351 s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	3	2	2	1	3	Ne
	10	150	2	3	2	2	2	Ne
	12	150	2	3	2	2	2	Ne
	15	150	2	4	3	3	3	Ne
	5	180	1	2	2	1	1	Ne
	10	180	2	2	2	1	2	Ne
	15	180	2	2	3	1	2	Ne
D	5	150	2	2	2	1	2	Ne
	10	150	2	3	2	3	3	Ne
	12	150	2	3	2	2	3	Ne
	15	150	2	3	3	3	2	Ne
	5	180	2	3	2	1	2	Ne
	10	180	2	3	3	2	3	Ne
	15	180	2	2	2	2	3	Ne

Tabulka 21 – Metalická fólie Foil Industry 41V1014 s lakem 240 HDC

Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
C	5	150	5	5	5	4	5	Ne
	10	150	5	5	5	5	5	Ne
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	160	3	4	5	3	5	Ne
	5	170	5	5	3	3	5	Ne
	10	170	5	5	5	4	5	Ne
	5	180	5	4	2	4	5	Ne
	10	180	5	5	5	5	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–
D	5	150	5	5	5	5	5	Ne
	10	150	5	5	5	5	5	Ne
	15	150	–	–	–	–	–	–
	5	160	5	5	5	4	5	Ne
	5	170	5	5	5	4	5	Ne
	10	170	5	5	5	5	5	Ne
	5	180	5	4	4	4	5	Ne
	10	180	5	5	5	5	5	Ne
	15	180	–	–	–	–	–	–

Při používání laku 140 UV, která byla na potiskovaný materiál tištěna několik dní před samotným testem, bylo vidět, jak je ve většině případech přenos metalických fólií nekvalitní. Jediné fólie, které se za těchto podmínek dokázaly v různé kvalitě přenést na potiskovaný materiál, byly fólie:

- FR 41/ZF
- Foilco 6892 GF/1
- ALUFIN SCODIX 351

Zbylé fólie se nedokázaly přenést na lakovou vrstvu vůbec, nebo byl jejich přenos minimální.

Na arch A se metalická fólie FR 41/ZF nejlépe přenesla při rychlosti 2 m/min, teplotě 180 °C, a s prášením. Na arch B se nejlépe přenesla při rychlostech 2 a 5 m/min (stejný výsledek), teplotě 180 °C a bez prášení. Přenos na arch A byl lepší jen u parametru 2,5D písma, jinak bylo hodnocení u ostatních parametrů totožné (hodnocení stupněm 2 u 2D písma, plné plochy a parciálního laku; hodnocení stupněm 3 u tenkých linek). U archu B bylo hodnocení 2,5D písma horší (kvalita hodnocena stupněm 3).

Na arch A se metalická fólie Foilco 6892 GF/1 nepřenášela dobře. Na arch B se nejlépe přenesla při rychlosti 2 m/min, teplotě 150 °C a bez prášení. Arch A měl kvalitu hodnocení 5 u všech parametrů, u archu B bylo 2,5D písmo hodnoceno stupněm 5, ostatní parametry měli tento arch totožný hodnocením stupněm 2.

Na arch A se metalická fólie ALUFIN SCODIX 351 nejlépe přenesla při rychlosti 2 m/min, teplotě 180 °C a bez prášení. Na arch B se nejlépe přenesla při rychlosti 2 m/min, teplotě 180 °C a bez prášení. Arch A měl kvalitu hodnocení 1 u parametru 2D písma a strukturovaného laku. Plná plocha měla kvalitu hodnocení 2 a zbylé dva parametry (2,5D písmo a tenké linky) měly kvalitu hodnocení 3. U archu B byly nejlépe hodnoceny parametry 2D písmo, plná plocha a strukturní lak (hodnocení stupněm 2). Tenké linky byly ohodnoceny stupněm 3 a nejhůře byl hodnocen parametr 2,5D písmo (hodnocení stupněm 4).

Obecně nejlépe hodnoceným parametrem u těchto tří metalických fólií bylo 2D písmo, kde kvalita hodnocení se v nejlepších případech pohybovala mezi stupni 1 a 2, a strukturovaný lak, kde kvalita hodnocení se v nejlepších případech pohybovala rovněž mezi 1–2. Obecně nejhůře hodnocený parametr u těchto tří metalických fólií bylo 2,5D písmo, kde se kvalita hodnocení nejčastěji pohybovala mezi 3–5.

Nejlépe se tři výše zmíněné metalické fólie přenášeli při pomalých rychlostech. Teplota záležela na metalické fólii a na typu potiskovaného materiálu. Archy A se nejlépe přenášely při teplotě 180 °C, archy B se lépe přenášely při teplotě 150 °C.

V druhé části testu se používal lak 240 HDC, který se nanášel a vytvrzoval těsně před tím, než se na tiskovinu přenesla metalická fólie. Jediné dvě fólie (Foilco 6010 RTX a KURZ LUXOR MSU 220) měli stejně špatné výsledky jako s lakem 140 UV, u všech ostatních fólií došlo ke zlepšení přenosu.

Nejlépe se přenášely tyto 4 fólie, které měly aspoň jeden parametr s hodnocením 1:

- FR 33/SXC 1000
- FR 41/ZF
- Foilco 6892 GF/1
- ALUFIN SCODIX 351

Na arch C se metalická fólie FR 33/SXC 1000 nejlépe přenesla při rychlosti 5 m/min, teplotě 180 °C a s prášením. Na arch D se nejlépe přenesla při rychlosti 5 m/min, teplotě 165 °C a bez prášení. Přenos na arch C byl lepší jen u parametru strukturního laku (hodnocení stupněm 1), jinak bylo hodnocení u ostatních parametrů totožné s archem D (hodnocení 2 u 2D písma, plné plochy a tenkých linek; hodnocení 3 u 2,5D písma). U archu D bylo hodnocení strukturního laku horší (hodnocení stupněm 3).

Na arch C se metalická fólie FR 41/ZF nejlépe přenesla při rychlosti 5 m/min, teplotě 180 °C a s prášením. Na arch D se nejlépe přenesla při rychlosti 5 m/min, teplotě 180 °C a bez prášení. Přenos na arch C byl lepší jen u parametru tenkých linek (hodnocení stupněm 1), jinak bylo hodnocení u ostatních parametrů totožné (hodnocení stupněm 2). Přenos na arch D byl lepší jen u parametru parciálního laku (hodnocení stupněm 1), 2D písmo, plná plocha a tenké linky měli stejné ohodnocení (hodnocení stupněm 2) a nejhůř ohodnocený parametr bylo 2,5D písmo (kvalita ohodnocení 3).

Na arch C se metalická fólie Foilco 6892 RTX GF/1 nejlépe přenesla při rychlosti 5 m/min, teplotě 180 °C a s prášením. Na arch D se nejlépe přenesla při rychlosti 5 m/min, teplotě 180 °C a bez prášení. Přenos na arch C měl až na parametr 2D písma (kvalita hodnocení 2) všechny parametry hodnocení totožné s archem D (hodnocení stupněm strukturního laku 1; 2D písma, plné plochy a tenkých linek 2; hodnocení 3 u 2,5D písma). U archu D bylo hodnocení 2D písma horší (hodnocení stupněm 3).

Na arch C se metalická fólie ALUFIN SCODIX 351 nejlépe přenesla při rychlosti 5 m/min, teplotě 180 °C a bez prášení. Na arch D se nejlépe přenesla při rychlosti 5 m/min, teplotě 150 °C a bez prášení. Přenos na arch C byl lepší u parametrů 2D písma a tenkých linek (hodnocení stupněm 1), jinak bylo hodnocení u ostatních parametrů totožné s archem D (hodnocení stupněm 1 u strukturního laku; 2 u 2,5D písma a plné plochy). U archu D bylo hodnocení 2D písma horší (hodnocení stupněm 2).

Obecně nejlépe hodnoceným parametrem u těchto čtyř metalických fólií byl strukturní lak, kde se kvalita hodnocení nejčastěji hodnotila stupněm 1. Obecně nejhůře bylo u těchto čtyř metalických fólií hodnoceno 2,5D písmo.

Nejlépe se tyto metalické fólie přenášely při rychlosti přenosu 5 m/min. Teplota záležela na metalické fólii a na typu potiskovaného materiálu. Archy C se nejlépe přenášely při teplotě 180 °C, archy D v rozmezí 150–180 °C podle typu fólie.

Z tohoto testu vyplynulo, že dvě nejlépe se přenášející metalické fólie pro Test 2 – Optimalizace jsou FR 41/ZF a ALUFIN SCODIX 351. Obě fólie se přenášely na lak 140 UV a měly nejlepší výsledky při používání laku 240 HDC.

2.4.2 Test 2 – Optimalizace

Pro tento test byly vybrány dvě fólie, které se nejlépe přenášely na lak 240 HDC a zároveň se dokázaly přenést i na lak 140 UV. Jedná se o fólie:

- FR 41/ZF,
- ALUFIN SCODIX 351.

Optimalizace byla prováděna pouze pro lak 240 HDC. Na tento lak se přenášely všechny fólie v různé kvalitě až na dvě (Foilco 6010 RTX a KURZ LUXOR MSU 220) a ve většině případů byl přenos mnohem kvalitnější než u laku 140 UV. Testovací archy pro tyto testy byly potištěné lakem 240 HDC několik dní dopředu. V tomto testu byl použit karton o plošné hmotnosti 200 g/m² potištěný ofsetovým tiskem a karton o plošné hmotnost 300 g/m² potištěný ofsetovým tiskem, který byl použit pro posledních 13 archů pro metalickou fólii ALUFIN SCODIX 351.

Výsledky hodnocení přenosu výše uvedených metalických fólií pro jemnější nastavení rychlostí, teploty a tlaku je uvedeno v Tabulkách 22 a 23.

Tabulka 22 – Optimalizace přenosu metalické fólie FR 41/ZF na lak 240 HDC

Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tlak [bar]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
3	120	4	5	5	5	5	5	Ne
5	120	4	5	5	5	5	5	Ne
3	140	4	4	4	5	4	4	Ne
5	140	4	4	4	5	4	5	Ne
5	150	5	1	4	2	1	1	Ne
5	150	6	1	3	2	1	1	Ne
3	160	4	2	3	5	3	2	Ne
3	160	5	2	4	4	2	2	Ne
3	160	6	1	4	2	1	1	Ne
5	160	5	1	4	2	1	1	Ne
5	160	5,5	1	4	2	1	1	Ne
5	160	6	2	4	2	1	1	Ne
10	160	6	3	4	5	2	3	Ne
3	170	4	2	3	3	1	2	Ne
5	170	5	1	4	2	1	1	Ne
3	180	5	2	4	2	1	2	Ne
5	180	5	2	3	2	1	1	Ne
3	180	6	1	3	2	1	1	Ano
5	180	6	1	4	2	1	2	Ne
10	180	6	2	4	4	1	3	Ne

Tabulka 23 – Optimalizace přenosu metalické fólie ALUFIN SCODIX 351 na lak 240 HDC

Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tlak [bar]	2D písmo	2,5D písmo	Plná plocha	Strukturovaný lak	Tenké linky	Prášení
5	120	4	5	5	5	5	5	Ne
5	140	4	3	4	5	2	4	Ne
3	150	5	2	3	2	1	1	Ne
3	150	6	2	3	2	1	1	Ne
3	160	5	2	3	2	1	2	Ne
3	160	5,5	2	4	2	1	2	Ne
3	160	6	2	4	2	1	1	Ne
5	160	4	2	3	3	2	3	Ne
5	160	5	2	3	2	2	2	Ne
5	160	5,5	2	3	2	2	2	Ne
5	160	6	2	3	2	2	2	Ne
3	170	5	2	3	2	1	2	Ne
3	170	6	2	4	2	2	2	Ne
5	170	4	2	3	2	1	2	Ne
5	170	5	2	3	2	1	1	Ne
5	170	6	3	3	3	1	2	Ne
3	180	5	2	3	2	1	1	Ne
5	180	4	2	3	2	3	2	Ne
5	180	5	2	3	2	1	2	Ne

Pro metalickou fólii FR 41/ZF byly 2 případy, kdy se dosáhlo podobných (nejlepších) výsledků, jediný rozdíl bylo hodnocení v parametru prášení. První byl potištěn při rychlosti 5 m/min, teplotě 150 °C, tlaku 6 barů a bez prášení. Druhý byl potištěn při rychlosti 3 m/min, teplotě 180 °C, tlaku 6 barů a s prášením.

V obou případech se nejlépe přenášelo 2D písmo, strukturovaný lak a tenké linky. Plná plocha měla menší defekty, kdy se metalická fólie správně nepřenášela na krajích plné plochy – vznikaly zuby/vroubkování a zbylá fólie v druhém případě způsobovala prášení. 2,5D písmo nemělo dostatečnou kvalitu pokrytí písma metalickou fólií (chyběly kousky fólie).

V porovnání s Testem 1, v tomto testu došlo ke zlepšení výsledků 2D písma, strukturovaného laku a tenkých linek. Plná plocha se nezlepšila a ani nezhoršila, v obou testech byla kvalita hodnocena nejlépe stupněm 2. U 2,5D písma došlo k mírnému zhoršení. V Testu 1 byla kvalita hodnocena nejlépe stupněm 2, ale v Testu 2 se kvalita hodnotila nejlépe stupněm 3.

Z ekonomického a provozního hlediska byl nejlepší výsledek vytištěn při rychlosti 5 m/min, teplotě 150 °C a tlaku 6 barů.

Pro metalickou fólii ALUFIN SCODIX 351 byly 4 případy, kdy se dosáhlo podobných výsledků. Ani v jediném případě nedocházelo k prášení. První byl potištěn při rychlosti 3 m/min, teplotě 150 °C a tlaku 5 barů. Druhý byl potištěn při rychlosti 3 m/min, teplotě 150 °C a tlaku 6 barů. Třetí byl potištěn při rychlosti 5 m/min, teplotě 170 °C a tlaku 5 barů. Čtvrtý byl potištěn při rychlosti 3 m/min, teplotě 180 °C a tlaku 5 barů.

Ve všech případech se nejlépe přenášela metalická fólie na strukturovaný lak a tenké linky. Plná plocha měla menší defekty, kdy se metalická fólie správně nepřenášela na krajích plné plochy – vznikaly mírně vroubkované hrany. 2D písmo bylo čitelné, ale u jednotlivých liter se vyskytoval podobný problém jako u plné plochy. 2,5D písmo bylo nejhůře hodnoceno se stejným problémem jako 2D písmo (vroubkování a chybění částí metalické fólie na písmu).

V porovnání s Testem 1, v tomto testu nedošlo ke zlepšení výsledků 2D písma, ani v jednom případě nebyl výsledek perfektní. U 2,5D písma došlo ke zhoršení. V Testu 1 byla kvalita hodnocena nejlépe stupněm 2, ale v Testu 2 se kvalita hodnotila nejlépe stupněm 3. Plná plocha byla hodnocena stejně, v obou testech byla kvalita hodnocena nejlépe stupněm 2. U strukturovaného laku a tenkých linek došlo ke zlepšení (o 1 až 2 stupně).

Jako optimální podmínky pro přenos metalické fólie se jeví rychlost 5 m/min, teplota 170 °C a tlak 5 barů.

Bohužel, ani u jedné fólie se nepodařilo nalézt nejvyšší hodnocení u všech testovaných parametrů, ať už se měnila rychlost, teplota nebo tlak. Důvodem mohou být tři hlavní věci:

- fólie se musí přenést co nejdříve po nanesení laku,
- odtrhovací vzdálenost je příliš krátká,
- je potřeba jiný typ laku.

Vytvrzování UV laků radikálovou polymerací je exotermní reakce. Při zasychání dochází k uvolnění velkého množství tepla, které způsobí jeho zahřátí. Při inline zpracování je tak metalická fólie nanášena na teplejší povrch s jinými adhezními vlastnostmi (testy prokázaly lepší výsledky u inline přenosu metalické fólie než u offline provedení).

Krátká odtrhovací vzdálenost znamená, že při přenášení metalické fólie na potiskovaný materiál se nosná podložka odtrhne dříve. Nedostatečná odtrhovací vzdálenost může způsobit, že se nosná podložka odtrhne dříve, než má metalická fólie dostatečnou adhezi k lakové vrstvě, aby se přenesla kvalitně bez defektů (ovlivněno teplotou a dobou na její snížení). Tato příčina byla konzultována s firmou Leonhard KURZ Stiftung a s firmou KOMFI spol. s r. o.

Další možností, jak zvýšit kvalitu přenosu testovaných metalických fólií je změna UV laku, kdy by metalická fólie měla k tomuto laku vyšší adhezi.

2.4.3 Test 3 – Adheze metalických fólií k lakové vrstvě a jejich odolnost proti poškrábání

Pro tento test byly vybrány archy s metalickými fóliemi, které měly v plné ploše hodnocení stupněm 1 nebo 2 (žádné nebo minimální defekty). Strhávání se provádělo pomocí Tesa pásky 4104, která se nanášela na plnou plochu metalické fólie a poté byla stržena rukou. Byla snaha, aby strhávání Tesa pásky probíhalo stejně (síla a rychlost). U každého vzorku se páska strhávala minimálně 3krát. V případě dostatečného množství vzorků 6krát.

Byly testovány vzorky jak s lakem 140 UV, tak i 240 HDC. Pro test adheze metalické fólie byly vybrány tyto fólie:

- FR 33/SXC 1000,
- FR 33/SXC 4001,
- FR 15/ZF,
- FR 41/ZF,
- Foilco 6849 RTX,
- Foilco 6916 NB,
- Foilco 6892 GF/1,
- ALUFIN SCODIX 351,
- Foil Industry 41V1014.

Pro test odolnosti proti poškrábání byly vybrány výše uvedené fólie pro test adheze a dále fólie s označením Foilco 6010 RTX. Tato fólie měla vroubkovanou hranu plné plochy, což bylo pro test Tesa páskou nežádoucí. U testu odolnosti proti poškrábání to nemá na výsledek testu vliv.

Na vzorek se vždy udělali 3 rýhy nehtem. Pokud ani v jednom případě nedošlo k poškození metalické fólie, hodnotil se tento vzorek stupněm 1. Pokud došlo k nějakému poškození, je kvalita hodnocena stupněm 2.

Testovalo se pomocí 3 rýh, ale v tabulkách je zaznamenán jenom výsledek 1 – fólie se nepoškodila, nebo 2 – fólie se poškodila. I když se fólie poškodila jen v 1 rýze, automaticky se kvalita hodnocení stala 2. Výsledky hodnocení adheze metalických fólií jsou uvedeny v Tabulkách 24–32 spolu s výběrovou směrodatnou odchylkou (VSO).

Tabulka 24 – Test adheze metalické fólie FR 33/SXC 1000

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
240 HDC	C	5	165	2	3	2	2,3	0,6
		5	170	2	2	2	2,0	0
		10	180	4	3	2	2,5	0,8
				2	2	2		
		15	180	4	2	2	2,8	1,0
				4	2	3		
	D	5	165	5	5	3	4,3	1,2
		5	170	5	5	5	5,0	0
		10	180	5	2	5	4,0	1,5
				5	2	5		
		15	180	5	5	5	4,2	1,3
				5	2	3		

Tabulka 25 – Test adheze metalické fólie FR 15/ZF

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
240 HDC	C	5	165	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		8	165	2	5	2	2,5	1,2
				2	2	2		
		5	180	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		10	180	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
	D	5	165	5	5	5	5,0	0
				5	5	5		
		8	165	5	5	5	4,5	1,2
				2	5	5		
5		180	5	5	5	5,0	0	
			5	5	5			
10		180	5	5	5	5,0	0	
			5	5	5			

Tabulka 26 – Test adheze metalické fólie FR 33/SXC 4001

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
140 UV	A	2	150	5	5	5	5,0	0
				5	5	5		
	B	2	150	5	5	5	5,0	0
				5	5	5		
240 HDC	C	5	150	2	2	5	3,2	1,5
				2	3	5		
		5	180	2	5	2	3,0	1,5
				5	2	2		
		10	180	4	4	4	3,8	0,4
				3	4	4		
	D	5	150	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		5	180	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		10	180	4	4	4	4,0	0
				4	4	4		

Tabulka 27 – Test adheze metalické fólie FR 41/ZF

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
140 UV	A	2	180	2	2	3	2,8	0,8
				3	3	4		
		5	180	4	4	4	4,0	0
	B	2	180	4	4	4	4,0	0
				4	4	4		
		5	180	2	3	3	3,2	0,8
3				4	4			
240 HDC	C	5	150	4	3	2	2,5	0,8
				2	2	2		
		10	150	3	3	3	3,3	0,5
				3	4	4		
		15	150	2	4	3	3,0	0,6
				3	3	3		
		5	165	5	3	2	3,3	1,5
		8	165	2	4	3	3,0	0,9
				2	4	3		
	5	180	2	2	2	2,0	0	
			2	2	2			
	10	180	5	3	3	3,7	1,2	
	D	2	150	3	5	5	4,3	1,2
		5	150	5	5	5	4,8	0,4
				4	5	5		
		10	150	5	5	5	4,8	0,4
				5	4	5		
15		150	5	5	5	4,7	0,5	
			5	4	4			
5		165	5	2	5	4,0	1,7	
8	165	5	4	4	4,2	0,8		
		3	4	5				
5	180	5	5	5	5,0	0		
		5	5	5				
10	180	5	5	5	5,0	0		

Tabulka 28 – Test adheze metalické fólie Foil Industry 41V1014

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
240 HDC	C	5	170	3	3	3	3,0	0
				3	5	2		
		5	180	3	3	5	3,3	1,2

Tabulka 29 – Test adheze metalické fólie Foilco 6849 RTX

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
240 HDC	C	5	150	3	3	3	3,5	0,5
				4	4	4		
		10	150	4	4	4	4,0	0
				4	4	4		
		10	165	3	3	4	3,7	0,5
				4	4	4		
		15	165	3	4	4	3,7	0,5
				4	3	4		
		5	180	4	4	4	4,0	0
				4	4	4		
		10	180	5	5	5	4,8	0,4
				5	5	4		
	D	5	150	5	5	5	5,0	0
				5	5	5		
		10	150	5	5	5	5,0	0
				5	5	5		
		10	165	5	5	5	4,7	0,8
				3	5	5		
15		165	5	5	5	4,7	0,5	
			4	5	4			
5		180	5	5	5	4,8	0,4	
			5	5	4			
10		180	5	4	5	4,5	0,5	
			4	5	4			

Tabulka 30 – Test adheze metalické fólie Foilco 6892 GF/1

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
140 UV	A	2	150	5	5	5	5,0	0
				5	5	5		
	B	2	150	5	5	5	5,0	0
				5	5	5		
240 HDC	C	5	150	3	5	3	3,8	0,8
				4	4	4		
		10	150	4	4	4	4,0	0
				4	4	4		
		5	180	3	5	3	3,2	1,0
				3	3	2		
		10	180	4	4	4	3,8	0,4
				3	4	4		
		15	180	3	4	4	3,5	0,5
				4	3	3		
	D	5	150	4	3	3	3,2	0,4
				3	3	3		
		10	150	4	4	4	4,0	0
				4	4	4		
		5	180	3	4	4	4,0	0,6
				5	4	4		
		10	180	4	4	4	4,0	0
				4	4	4		
		15	180	4	2	4	3,7	0,8
				4	4	4		

Tabulka 31 – Test adheze metalické fólie Foilco 6916 NB

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
140 UV	A	15	180	2	3	2	2,3	0,6
				1	2	2		
	B	5	180	2	2	2	2,7	1,2
				3	5	2		
		15	180	5	3	2	3,3	1,8
				5	5	1		
240 HDC	C	5	150	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		10	150	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		5	180	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		10	180	2	2	5	2,5	1,2
				2	2	2		
	D	5	150	2	2	2	3,5	1,6
				5	5	5		
		10	150	5	5	2	4,5	1,2
				5	5	5		
		5	180	2	2	2	1,5	0,5
				1	1	1		
		10	180	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		

Tabulka 32 – Test adheze metalické fólie ALUFIN SCODIX 351

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Tesa páska 4104			Průměr	VSO
140 UV	A	15	180	2	3	2	2,3	0,6
				1	2	2		
	B	5	180	2	2	2	2,7	1,2
				3	5	2		
		15	180	5	3	2	3,3	1,8
				5	5	1		
240 HDC	C	5	150	5	5	5	3,7	2,1
				1	1	5		
		10	150	1	5	5	2,5	2,0
				1	2	1		
		12	150	1	1	1	3,0	2,2
				5	5	5		
		15	150	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		5	180	1	5	1	3,7	2,1
				5	5	5		
		10	180	1	5	1	3,0	2,2
				5	1	5		
		15	180	5	1	5	3,0	2,2
				1	1	5		
	D	5	150	5	5	5	5,0	0
				5	5	5		
		10	150	5	5	1	3,7	2,1
				1	5	5		
		12	150	5	5	5	3,7	2,1
				1	1	5		
		15	150	2	2	2	2,0	0
				2	2	2		
		5	180	5	5	1	3,0	2,2
				1	5	1		
		10	180	5	1	1	3,0	2,2
				1	5	5		
		15	180	1	1	1	2,3	2,1
				1	5	5		

Nejlepší adhezi měla fólie Foilco 6916 NB, při teplotě 180 °C, rychlosti 5 m/min a laku 240 HDC na archu D, která byla hodnocena průměrným stupněm 1,5. U ostatních metalických fólií se poté nejlépe dosahovalo průměrného hodnocení 2 a jednalo se o fólie:

- FR 33/SXC 1000
- FR 15/ZF
- FR 41/ZF
- FR 33/SXC 4001
- ALUXIN SCODIX 351

U několika vzorků došlo k výrazným rozdílům mezi jednotlivými testy (hodnocení stupněm 1 a 5). Všechny vzorky byly testovány stejným způsobem – nastříhání pásky Tesa, nalepení na arch a poté stržení. Stržení se provádělo ručně. Byla snaha o stejné provedení, ale drobným rozdílům ve stržení nelze zabránit.

U laku 140 UV docházelo k lepším průměrným výsledkům u archu A než u archu C s lakem 240 HDC. Naopak, lak 240 HDC měl lepší průměrné výsledky archů D než arch B s lakem 140 UV.

Výsledky u jednotlivých fólií s porovnáním teploty a rychlosti kolísají a nelze říci, zda zvýšená rychlost či teplota jednoznačně ovlivňují pozitivně či negativně adhezi metalických fólií k lakové vrstvě. V následujících Tabulkách 33–42 jsou uvedeny výsledků odolnosti metalických fólií proti poškrábání nehtem.

Tabulka 33 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foilco 6916 NB

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
240 HDC	C	5	150	2	1,5	0,5
		10	150	1		
		15	150	1		
		5	180	2		
		10	180	1		
	D	5	150	1	1,4	0,5
		10	150	1		
		15	150	1		
		5	180	2		
		10	180	2		

Tabulka 34 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie FR 33/SXC 1000

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
140 UV	A	5	180	2	2,0	0
	B	5	180	2	2,0	0
240 HDC	C	5	150	1	1,1	0,3
		10	150	1		
		15	150	1		
		5	165	1		
		8	165	1		
		5	170	1		
		8	170	1		
		5	180	1		
		8	180	1		
		10	180	2		
	15	180	1			
	D	5	150	1	1,1	0,3
		10	150	1		
		15	150	1		
		5	165	1		
		8	165	1		
		5	170	1		
		8	170	1		
		5	180	1		
		8	180	2		
10		180	1			
15	180	1				

Tabulka 35 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foilco 6892 GF/1

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
240 HDC	C	5	150	1	1,0	0
		10	150	1		
		5	180	1		
		10	180	1		
		15	180	1		
	D	5	150	1	1,0	0
		10	150	1		
		5	180	1		
		10	180	1		
		15	180	1		

Tabulka 36 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie FR 15/ZF

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
240 HDC	C	5	150	2	1,8	0,4
		10	150	2		
		5	165	2		
		8	165	2		
		5	180	1		
		10	180	2		
	D	5	150	2	2,0	0
		10	150	2		
		5	165	2		
		8	165	2		
		5	180	2		
		10	180	2		

Tabulka 37 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie FR 41/ZF

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
140 UV	A	2	180	1	1,5	0,7
		5	180	2		
	B	2	180	1	1,5	0,7
		5	180	2		
240 HDC	C	5	150	1	1,0	0
		10	150	1		
		15	150	1		
		5	165	1		
		8	165	1		
		5	180	1		
		10	180	1		
	D	2	150	1	1,0	0
		5	150	1		
		10	150	1		
		15	150	1		
		5	165	1		
		8	165	1		
		5	180	1		
10	180	1				

Tabulka 38 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie FR 33/SXC 4001

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
240 HDC	C	5	150	1	1,0	0
		5	180	1		
		10	180	1		
	D	5	150	1	1,0	0
		5	180	1		
		10	180	1		

Tabulka 39 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foilco 6010 RTX

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
240 HDC	C	5	150	2	2,0	0
		5	180	2		
	D	5	150	2	2,0	0
		5	180	2		

Tabulka 40 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foilco 6849 RTX

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
140 UV	A	5	180	2	2,0	0
	B	5	180	2	2,0	0
240 HDC	C	5	150	1	1,0	0
		10	150	1		
		10	165	1		
		15	165	1		
		5	180	1		
		10	180	1		
	D	5	150	1	1,5	0,5
		10	150	2		
		10	165	1		
		15	165	2		
		5	180	2		
		10	180	1		

Tabulka 41 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie ALUFIN SCODIX 351

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
140 UV	A	2	180	1	1	0
	B	2	180	1	1	0
		5	180	1		
240 HDC	C	5	150	2	1,5	0,5
				1		
		10	150	1		
				1		
		12	150	1		
				2		
		15	150	2		
				2		
		5	180	1		
				2		
		10	180	1		
				2		
	15	180	2			
			1			
	D	5	150	2	1,6	0,5
				2		
		10	150	2		
				1		
		12	150	2		
				1		
		15	150	2		
2						
5		180	2			
			1			
10		180	2			
			1			
15	180	1				
		1				

Tabulka 42 – Odolnost proti poškrábání metalické fólie Foil Industry 41V1014

Lak	Arch	Rychlost [m/min]	Teplota [°C]	Hodnocení	Průměr	VSO
240 HDC	C	5	150	2	2,0	0
		10	150	2		
		5	160	2		
		5	170	2		
		10	170	2		
		5	180	2		
		10	180	2		
	D	5	150	2	2,0	0
		10	150	2		
		5	160	2		
		5	170	2		
		10	170	2		
		5	180	2		
		10	180	2		

Nejlepší fólie v testu odolnosti proti poškrábání byly:

- FR 41/ZF (arch C a D na lak 240 HDC),
- FR 33/SFX 4001,
- Foilco 6849 RTX (arch C na lak 240 HDC),
- Foilco 6892 GF/1,
- ALUFIN SCODIX 351 (arch A a B na lak 140 UV).

Test odolnosti proti poškrábání ukázal, že ačkoliv některé metalické fólie neměly nejlepší adhezi, tak byly odolné proti poškrábání. Jedná se o fólie:

- FR 33/SCX 1000 (archy C a D na lak 240 HDC),
- FR 41/ZF,
- FR 33/SFX 4001,
- Foilco 6849 RTX (arch C na lak 240 HDC),
- Foilco 6892 GF/1,
- ALUFIN SCODIX 351 (arch A a B na lak 140 UV).

Lak 140 UV měl zpravidla horší výsledky než lak 240 HDC. Na Obrázku 30 jsou viditelné rýhy při testování metalické fólie Foil Industry 41V1014. Tlak ani teplota výsledky odolnosti proti poškrábání metalických fólií neovlivnily.



Obrázek 30 – Test odolnosti proti poškrábání – fólie Foil Industry 41V1014, teplota 170 °C, rychlost 5 m/min, lak 240 HDC, kvalita hodnocena stupněm 2

3 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo otestovat kvalitu přenosu 11 metalických fólií na dva UV zářeními tvrditelné laky za různých podmínek přenosu (rychlost tisku, teplota, tlak) a následně pro dvě nejlépe se přenášející fólie optimalizovat podmínky přenosu. Všechny metalické fólie, UV laky a potiskované materiály byly vybrány firmou KOMFI spol. s r. o.

Cílem prvních testů bylo nalezení dvou metalických fólií, které se přenášejí na tiskovinu nejlépe a ty pak dále testovat podrobněji. Hodnocenými parametry při přenosu metalických fólií byla kvalita přenosu fólie na 2D písmo, 2,5D písmo, plnou plochou, tenké linky, strukturovaný lak, prášení, adheze a odolnost metalické fólie vůči poškrábání. V první části se používal lak NWIJ140 UV Clear, který byl na potiskovaný materiál tištěn několik dní před samotným testem. U tohoto laku bylo vidět, jak je ve většině případech přenos metalických fólií nekvalitní. V druhé části testu se používal lak Special NWIJ240 HDC varnish, který se nanášel na tiskovinu a vytvrzoval těsně před tím, než se přenášela metalická fólie. Testované metalické fólie se lépe přenášely na lak Special NWIJ240 HDC varnish. Dvě nejlépe se přenášející metalické fólie byly FR 41/ZF a ALUFIN SCODIX 351. Obě fólie se přenášely na lak NWIJ140 UV Clear a měly nejlepší výsledky při používání laku Special NWIJ240 HDC varnish.

Cílem dalších testů bylo nalézt optimální podmínky pro dvě nejlépe se přenášející metalické fólie, FR 41/ZF a ALUFIN SCODIX 351. Optimalizace byla prováděna pouze pro lak Special NWIJ240 HDC varnish. Bohužel ale ani u jedné metalické fólie se nepodařilo nalézt nejvyšší hodnocení u všech testovaných parametrů (stupnice pro hodnocení kvality byla pětibodová), ať už se měnila rychlost, teplota nebo tlak. Nejlépe hodnocený parametr z těchto testů byl strukturovaný lak. Tento parametr byl nejčastěji hodnocen stupněm kvality 1. Dalšími nejlépe hodnocenými parametry byl přenos metalických fólií na tenké linky a 2D písmo, které byly hodnoceny stupni 1 až 3 podle podmínek přenosu. Nejhůře byl hodnocen přenos v plné ploše (hodnoceno v rozmezí 2 až 4) a 2,5D písmo, které mělo nejlepší hodnocení stupněm 3.

Významný vliv na přenos metalických fólií měla rychlost tisku, kdy se fólie přenášely lépe za nižších rychlostí. Teplota také ovlivňovala přenos, ale záleželo na jednotlivých fóliích, zde je lepší nižší nebo vyšší teplota. Ze sledovaných parametrů měl pak nejnižší vliv na kvalitu přenosu metalických fólií tlak mezi přenosovými válci, kdy výhodnější byly vyšší hodnoty tlaku (5 a 6 barů). Jemnějším nastavením teploty, rychlosti tisku a tlaku došlo ke zlepšení přenosu metalické fólie v některých hodnocených parametrech.

Při testování adheze metalických fólií k lakové vrstvě a odolnosti vůči poškrábání bylo zřejmé, že výsledky testů teplota, rychlost tisku a tlak výrazně neovlivňují. Záleží na jednotlivých metalických fóliích, potiskovaném materiálu a použitém UV zářeními tvrditelném laku.

Během testování bylo zjištěno, že kvalita přenosu metalických fólií na lak Special NWIJ240 HDC varnish byla ovlivněna formou zpracování. Lepší výsledky přenosu metalických fólií byly dosaženy při inline zpracování, kdy je lak nanášen na tiskovinu a vytvrzován těsně před přenosem metalických fólií.

Zlepšení výsledků přenosu metalických fólií by mohla pomoci delší odtrhovací vzdálenost, čímž by se prodloužil čas, kdy se metalická fólie fixuje na UV zářeními tvrditelný lak. Další možností pro dosažení lepších výsledků přenosu metalických fólií je pak změna typu UV zářeními tvrditelného laku nebo metalické fólie.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KAPLANOVÁ, M. a kol. *Moderní polygrafie*. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2009. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [2] LEONHARD KURZ STIFTUNG. *Hot stamping and cold foil transfer: a comprehensive guide for the graphics industry*. Fuerth: Leonhard Kurz Stiftung & Co., 2011.
- [3] POLYGRAFICKÉ TAHÁKY. *Historie knihtisku* [online] [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: https://www.polygraficketahaky.cz/historie_knihtisku
- [4] OLIVER INC. *Hot foil stamping vs cold foil* [online] [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: <https://www.oliverinc.com/blog/hot-foil-stamping-vs.-cold-foil>
- [5] SEPTIMA. *Slepotisk* [online] [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: <http://septima.cz/polygrafie/slepotisk/>
- [6] BEEZ BEE. *Slepotisk (slepá ražba), suchá pečeť* [online] [cit. 2024-04-10]. Dostupné z: <https://www.beezbee.cz/speciality/slepotisk>
- [7] CFTA. *Digitální ražba KURZ* [online] [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://www.cfta.info/aktuality/digitalni-razba-kurz.html>
- [8] COLOURKING HOLOVISION. *Cold stamping foils* [online] [cit. 2023-05-21]. Dostupné z: <http://www.colourkingholovision.com/cold-stamping-foils.htm>
- [9] LEONHARD KURZ STIFTUNG. *Tactile Digital Metallization with DM-MAXLINER 3D Digital Spot and Relief Coating* [online] [cit. 2024-06-10]. Dostupné z: <https://www.kurz-graphics.com/en/digital-transfer/digital-sheet-fed/#c4793>
- [10] GREEN, W. A. *Industrial photoinitiators: a technical guide*. Boca Raton: CRC Press, 2010. ISBN 978-1-4398-2745-1.
- [11] RADTECH EUROPE. *eBook1_UVLED* RadTech Europe [online] [cit. 2024-05-23]. Dostupné z: https://www.radtech.org/uvledbook/RadTech_eBook1_UVLED.pdf
- [12] ŠŇUPÁREK, J. *Makromolekulární chemie: Úvod do chemie a technologie polymerů*. Vyd. 3., doplněné a upravené. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-761-2.
- [13] NAZDAR INK TECHNOLOGIES. *Bezpečnostní list laku NWIJ140 UV Clear*. Materiál firmy KOMFI spol. s r. o. 2022.
- [14] NAZDAR INK TECHNOLOGIES. *Bezpečnostní list laku Special NWIJ240 HDC varnish*. Materiál firmy KOMFI spol. s r. o. 2022.
- [15] TFP UNIVERSAL. *Technical Data Sheet - SXC FOIL*. Materiál firmy TFP Universal. 2024.
- [16] TFP UNIVERSAL. *tds – zř.* Materiál firmy TFP Universal. 2024.
- [17] FOILCO LIMITED. *RTX Data Sheet V.1.0.3*. Materiál firmy Foilco Limited. 2023.
- [18] FOILCO LIMITED. *GF1 Data Sheet V.1.0.4*. Materiál firmy Foilco Limited. 2023.

- [19] FOILCO LIMITED. *NB Data Sheet V.1.0.4*. Materiál firmy Foilco Limited. 2023.
- [20] LEONHARD KURZ STIFTUNG. *Technical Specification MSU_ENG_2020-06-05*. Materiál firmy Leonhard KURZ Stiftung. 2020.
- [21] LEONHARD KURZ STIFTUNG. *Scodix_351_ENG_2016-10-28*. Materiál firmy Leonhard KURZ Stiftung. 2020.
- [22] FOIL INDUSTRY. *scheda tecnica 41V – inglese*. Materiál firmy Foil Industry. 2024.
- [23] TESA. *Tesa 4104 různobarevné* [online] [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://www.tesa.com/cs-cz/prumysl/tesa-4104-ruznobarevne.html>
- [24] TESA. *Safety data sheet_tesa® 04104_cs-CZ_v33.pdf* [online] [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: <https://www.tesa.com/cs-cz/prumysl/tesa-4104-ruznobarevne.html>
- [25] KOMFI EUROPE. *Produkty* [online] [cit. 2024-05-28]. Dostupné z: <https://komfieurope.com/cs/produkty/>
- [26] KOMFI EUROPE. *Spotmatic 54* [online] [cit. 2024-06-15]. Dostupné z: <https://www.komfi.cz/produkty/spotmatic-54/>
- [27] KOMFI EUROPE. *Spotmatic 54* [online] [cit. 2024-06-15]. Dostupné z: https://www.komfi.cz/wp-content/uploads/brochures/Spot-matic36-54+Spot-foiler_brochure2024_en.pdf