



UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Kateřina Škarvadová

2018



UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

Katedra polygrafie a fotofyziky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Tisk reliéfních vrstev pro bezpečnostní aplikace

Kateřina Škarvadová

2018



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

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kateřina Škarvadová**  
Osobní číslo: **C14175**  
Studijní program: **B3441 Polygrafie**  
Studijní obor: **Polygrafie**  
Název tématu: **Tisk reliéfních vrstev pro bezpečnostní aplikace**  
Zadávající katedra: **Katedra polygrafie a fotofyziky**

### Zásady pro vypracování:

1. V dostupných zdrojích proveďte rešerši na problematiku tisku reliéfních vrstev pro oblast ochranných prvků na ceninových tiskovinách, případně pro oblast tiskovin pro zrakově postižené.
2. Pomocí vhodných tiskových technik a tiskových formulací připravte vzorky s rozličnými tiskovými motivy.
3. Proměřte vybrané vzorky připravených tisků. Stanovte jejich základní geometrické charakteristiky analýzou obrazu a mechanickou profilometrií.
4. Zhodnoťte dosažené výsledky a uveďte doporučení pro procesní podmínky tisku daných reliéfních struktur.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Tomáš Syrový, Ph.D.**

Katedra polygrafie a fotofyziky

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

Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2018**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.  
děkan

L.S.



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

V Pardubicích dne 28. února 2018

## Prohlášení

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

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

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

.....  
podpis

V Pardubicích dne 16.7.2018

Kateřina Škarvadová





## **Anotace**

Tato bakalářská práce se zabývá zkoumáním vlastností reliéfních lakových vrstev a možností využití různých druhů strukturovaných laků pro bezpečnostní aplikace. Tištěné vzorky jsou zkoumány za pomoci mikroskopu a mechanického profilometru. Z měřených hodnot je stanovena jejich kvalita a využitelnost pro vytvoření bezpečnostního prvku.

## **Klíčová slova**

reliéf, laky, hlubotisk, bezpečnostní aplikace, slepecké písmo, ceninový tisk

## **Title**

Print of relief layers for security applications

## **Annotation**

This bachelor thesis deals with research of behaviour of the relief lacque layers and the possibility of using different types of structural varnishes for security applications. Printed samples are tested by microscope and mechanical profilemetre. Mesured values determinate their quality and usability to create security element.

## **Key words**

relief, varnishes, gravure printing, security applications, braille, security printing



## Poděkování

Hlavní poděkování patří vedoucímu bakalářské práce Ing. Tomáši Syrovému, Ph.D., za odborné vedení a konzultace. Dále bych chtěla poděkovat firmě OTK Group, a. s., zejména Ing. Martinu Rochovi za poskytnutí materiálu a vyhotovení vzorků pro měření a v neposlední řadě i firmě Synthesia a samotné Katedře polygrafie a fotofyziky za poskytnutí přístrojů pro měření.

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



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

**MS  
MT**  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



# Obsah

ÚVOD .....	9
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
1.1 HLUBOTISK.....	10
1.1.1 Hlubotiskové stroje pro potisk flexibilních obalů a grafických etiket .....	11
1.1.2 Složení tiskového stroje.....	11
1.2 TISKOVÉ FORMY .....	13
1.2.1 Zhotovení tiskových forem .....	13
1.2.2 Zhotovení tiskových prvků.....	14
1.3 HLUBOTISKOVÉ BARVY .....	15
1.3.1 Vlastnosti hlubotiskových barev.....	15
Složení hlubotiskových barev.....	17
1.3.2 Rozdělení hlubotiskových barev.....	20
1.4 LAKY .....	20
1.4.1 Rozdělení laků.....	20
1.5 HLUBOTISKOVÉ LAKY.....	21
1.5.1 Bariérové laky pro tisk papírových obalů potravin.....	21
1.5.2 Laky pro kartonážní produkci .....	22
1.5.3 Laky na hliníková víčka.....	23
1.6 SPECIÁLNÍ VYUŽITÍ RELIÉFU V POLYGRAFII .....	23
1.6.1 Braillovo písmo.....	23
1.6.2 Bankovky.....	25
1.7 MECHANICKÉ TESTY LAKOVÝCH VRSTEV .....	25
1.7.1 Zkouška ohybem.....	25
1.7.2 Zkouška rychlou deformací.....	26
1.7.3 Zkouška hloubením .....	26
1.7.4 Zkouška tvrdosti nátěru.....	26
1.7.5 Diferenční skenovací kalorimetrie – DSC.....	26
1.7.6 Měření lesku.....	27
1.7.7 Mřížková zkouška.....	27
1.7.8 Kolorimetrické stanovení barvových rozdílů .....	28
<b>2 PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>29</b>
2.1 TISK NA NÁTISKOVÉM STROJI .....	29
2.2 MĚŘENÍ PROFILOMETREM DEKTAK XT .....	29
2.2.1 Postup měření .....	29
2.3 MĚŘENÍ MIKROSKOPEM NIKON ECLIPSE LV DIA-N .....	30
2.3.1 Postup měření .....	30
2.4 RELIÉFNÍ LAKY .....	31
2.4.1 Siegwark sandy touch – SS.....	31
2.4.2 Siegwark paper laquer – SP.....	32
2.4.3 Huber paper touch matt – HP.....	32
2.4.4 Huber Silk touch – HS.....	32
2.5 KONZISTENCE.....	33
2.5.1 Postup měření .....	33
2.6 HLUBOTISKOVÉ VÁLCE.....	33
2.6.1 Válec firmy GRT – IV.....	33
2.6.2 Válec firmy OTK – 2V.....	34
2.7 MNOŽSTVÍ PŘENESENÉ LAKOVÉ VRSTVY .....	34
2.8 NEJTENČÍ REPRODUKOVATELNÁ LINKA .....	39
2.9 ROZLIŠENÍ TISKU STANOVENÉ POMOCÍ SIEMENSOVY HVĚZDY .....	43
2.10 TVAR A STRUKTURA TISKOVÝCH BODŮ .....	47
<b>3 ZÁVĚR .....</b>	<b>50</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>52</b>

<b>SEZNAMY</b> .....	<b>55</b>
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	55
SEZNAM TABULEK .....	55

## Úvod

Již v historii a zejména od doby vzniku platidel se lidé snažili napodobovat a padělat. Proto bylo nutné vyvíjet různé opatření k zamezení této nelegální činnosti. S příchodem cenných papírů a papírových bankovek se stal polygrafický průmysl jedním ze zdrojů těchto opatření. Postupem času, jak se zdokonalovala zručnost a dostupná technika ze strany padělatelů, tak byly vyvíjeny stále nové a dokonalejší bezpečnostní prvky, za použití nespočtu technik společně různými druhy tiskových i substrátových materiálů. Tyto techniky je stále nutné vyvíjet, zdokonalovat a chránit postupy jejich výrobního procesu.

Jedním ze zatím málo probádaných odvětví v oblasti tisku bezpečnostních prvků jsou laky. I přesto, že laky se hojně využívají ke zušlechťování, odolnosti a estetického vzhledu tiskoviny, jsou také využívány ve speciálních odvětvích, jako je například tisk Braillova písma. Což je důvodem proč se tato bakalářská práce tímto tématem zabývá a tvoří tak otázku, zdali je možné využití reliéfních laků v bezpečnostních aplikacích. Proto je nutné prozkoumat jejich chování. V konkrétním případě při tisku na odlišných formových válcích s různou hloubkou tiskových jamek a lineaturou. Porovnány jsou také různé typy laků od různých výrobců, což vede k možnosti srovnat velkou škálu faktorů, které ovlivňují konečný výsledek při měření laků pod mikroskopem a na profilometrickém zařízení, která slouží k vyhodnocení jejich rozlišení, výšky nanesené vrstvy i k vizuálnímu porovnání jejich charakteru.



# 1 Teoretická část

## 1.1 Hlubotisk

Je tiskovou technikou pracující na principu tisku z hloubky. Do tiskové formy jsou vyhloubena tisknouce místa, do kterých je aplikována barva. Přebytečná barva je následně setřena ocelovou stěrkou (raklí) a tiskový motiv je přenesen pomocí značného tlaku mezi formovým a tlakovým válcem, kde se nachází potiskované medium. [1]

Velkou předností této techniky je její kvalita tisku, která je zaručena vysokým nánosem tiskové barvy a nízkým nasílením tiskového bodu. Brilantnost tisku dodává vyšší lineatura sítě, 60–100 jamek/cm. K přednostem hlubotisku se může také zařadit vysoká opakovatelnost zakázek, a to díky tiskové formě. Ta nemá tendenci měnit své tiskové vlastnosti během skladování, a tudíž je možné ji využívat několik let. Na druhou stranu je výrobní cena tiskových válců finančně nákladná, a proto se hlubotisk hodí pro velké nebo opakované zakázky. [4]

Vynálezcem hlubotisku je český rodák Karel Klíč (1841–1926). Prvním krokem k vynalezení hlubotisku byla Heliogravura. Na měděnou destičku byla nanášena tenká vrstva asfaltového prachu, která se nahřátím přeměnila v souvislou zrnitou vrstvu. Na ni se následně přenesl fotografický obraz, okopírovaný na chromované želatině. Po proleptání želatinové a asfaltové vrstvy až do mědi, byl na měditiskovém stroji vytisknut motiv. Karel Klíč nezapomněl a pracoval na jejím zdokonalení zabývající se myšlenkou „*Jak převést polotónový obraz, rozložený nějakým fotochemickým způsobem na tisknouce prvky jako v Heliogravure, na desku nebo na válec a z nich pak na papír nějakým rychlejším způsobem tisku, než je dosavadní pracná Heliogravura.*“ Při jeho pobytu v Anglii, kde pracoval po dlouhý čas v obrazové dílně, byl roku 1890 oficiálně vynalezen hlubotisk. Zde poprvé využil tisku za pomoci měděných válců opatřených tiskovou formou a stíracího nože. Karel Klíč v tu dobu také nahradil asfaltové zrno. Do želatinového obrazu vkopíroval síť složenou z černých čtverců a průhledných linek. Hlubotisková síť tak tvořila stěny tiskových buněk, které byly tvořeny stejným rozsahem plochy a různou hloubkou. Z jamek pak papír absorboval množství barvy úměrné jeho hloubce, což způsobilo rozlišnou intenzitu a barevný tón. Orámování buněk tvořilo podpěrné můstky pro stírací nůž. Ve 20. století se pak tato technika stala hlavní součástí tiskového průmyslu, díky její rychlosti a velice kvalitnímu tisku. O několik let déle byla jedinou technikou vhodnou pro potisk neporézních substrátů až do příchodu flexotisku. [7] [9] [10]

### **1.1.1 Hlubotiskové stroje pro potisk flexibilních obalů a grafických etiket**

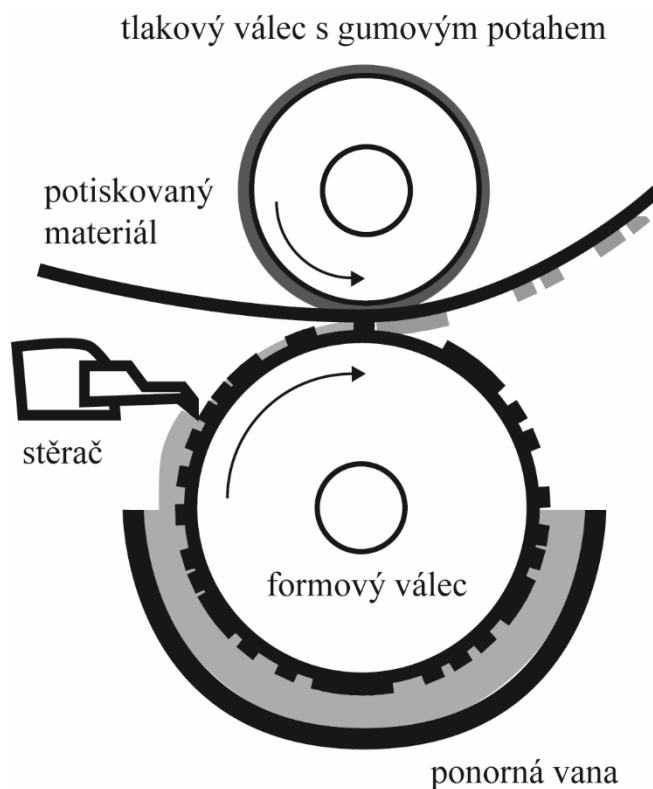
Tyto stroje jsou vybaveny 8 či 10 tiskovými jednotkami a šíří tisku do 1500 mm. Jako potiskovaný materiál je možné využít tenkých PET, PE, PP folií a papírů s nízkou plošnou hmotností 100 g/m<sup>2</sup>. U těchto strojů velice záleží na sušícím tunelu, který musí být přizpůsobený různorodosti použitých materiálů. [2]

### **1.1.2 Složení tiskového stroje**

K odvinu a návínu materiálu jsou využívány nonstop-odvíjecí a navíjecí jednotky společně s tahovými jednotkami, které zaručují stále stejné napnutí potiskovaného materiálu, což zajišťuje přesný soutisk i při vyšších tiskových rychlostech. [1]

Tiskové agregáty jsou řazené v řadě za sebou a jsou poháněny po celé délce tiskového stroje za pomoci hřídele, nebo každý agregát samostatně vlastním elektromotorem, což má mnoho výhod. [1]

Tiskový agregát obsahuje barevník, stírací soustavu, tlakový válec a formový válec. Úkolem barevníku je dodávat barvu do tiskových jamek. Nejjednodušším způsobem je brodění formového válce v barvě, kdy je přebytečná barva stírána stěračem (pásem oceli zasazeném do úchyty), ale využívají se i další složitější systémy, které usnadňují zatékání tiskové barvy do tisknoucích míst. Příkladem může být doplnění o válce, pomocnou stěrku, komorovým typem barevníku nebo transport barvy na formový válec bezdotykovým způsobem za pomoci trysek. Po zaplnění tiskových bodů barva putuje po formovém válci, kde se přenáší do místa střetu potiskovaného materiálu, formového a tlakového válce (nip = 10 mm). Zde musí být pro dobrý přenos barvy vyvíjen vysoký tlak 500–600 Ncm<sup>-2</sup> (čím větší pórovitost potiskovaného materiálu, tím větší tlak je třeba dodat, aby došlo k dostatečnému přenosu barvy na potiskovaný materiál). [2], [1]



Obrázek 1: Tisková jednotka hlubotiskového stroje

Po tisku je nutné barvu na potiskovaném materiálu vysušit, než dojde k tisku další barevné vrstvy, což zařizuje sušící agregát umístěný bezprostředně za/nad tiskovou jednotkou. Součástí sušícího agregátu je sušící tunel s tryskami, kde je pás materiálu veden nepotištěnou stranou vodícími válečky a potiskovaná strana materiálu je ofukována tryskami, vyfukující sušící vzduch o teplotě, která je stanovena dle typu materiálu (30 až 80 °C). Tento vzduch je ohříván pomocí tepelného výměníku, z kterého putuje ohřátý vzduch do trysek, na potiskovaný materiál a následně do zařízení pro likvidaci nasyceného sušícího vzduchu. Na konci sušícího tunelu se nachází chladicí válec nebo válce, které mají za úkol ochladit materiál, tak aby nedocházelo k rozměrovým změnám materiálu. [2]

Součástí tiskového stroje jsou také zařízení, která napomáhají lepší kvalitě a bezpečnosti tisku. Pro zvýšení kvality jsou to například: automatická regulace soutisku, elektrostatická podpora tisku, korona, kondiční jednotka, kontrolní videokamery a automatická regulace viskozity. Pro zajištění bezpečnosti jsou ve stroji umístěny zařízení pro koncentraci výparů ředidel v sušícím vzduchu, zařízení pro likvidaci nasyceného sušícího vzduchu (katalytické a termické čističky) a automatické hasící zařízení. [2]

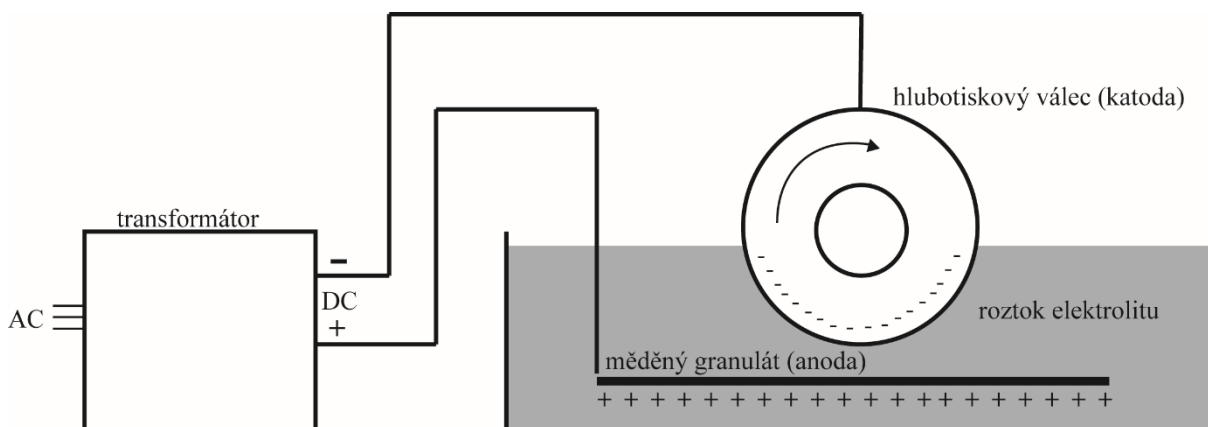
## 1.2 Tiskové formy

Tisková forma je tvořena ocelovým válcem, který je opatřen několika vrstvami různých kovů, kde každý z nich má svůj podstatný význam. Samotný tiskový motiv je pak tvořen pomocí rytí, leptání či vypalování. [1]

### 1.2.1 Zhotovení tiskových forem

Jako tiskovou formu pro hlubotiskové stroje je využíváno ocelové jádro tiskového válce. To je po opracování galvanicky ovrstveno malou vrstvičkou niklu, která napomáhá lepší adhezii měděné vrstvy na válec. [1]

Následně válec putuje do mědicí vany, která slouží ke galvanickému nanášení základní i Ballardovy měděné vrstvy. Po nanesení základní vrstvy v tloušťce 2 až 4 mm je opracována pomocí frézovacích či brousících automatů. Nyní je možné zhotovení tiskového motivu a následného tisku, nebo se na tuto vrstvu nanese černý dělicí roztok a ten se ovrství ještě jednou slabší měděnou vrstvou, která se dále zpracuje jako základní vrstva mědi. [1]



Obrázek 2: Schéma mědicí vany

Na obrázku č. 1 je vyobrazeno schéma mědicí vany. Hlubotiskový válec působící jako katoda, která se otáčí v roztoku elektrolytu obsahující destilovanou vodu s měděnými a sulfátovými ionty s malým množstvím přísad organických sloučenin, které regulují tvrdost mědi a evokují růst měděných krystalů na povrchu válce. [6]

Pro zvýšení odolnosti válce proti oděru je využívána chromovací vana. Vrstva chromu je nanášena na válec s již zhotoveným tiskovým motivem v tloušťce 5 až 6 mikronů, která nijak neovlivňuje velikost a tvar tiskových bodů. [1]

Dalšími zařízeními, které se využívají pro zhotovení tiskových forem, jsou například odmašťovací vana pro odstranění nečistot z válce, odchromovací vana pro odstranění staré vrstvy za pomoci hydroxidu sodného (Chrom by mohl ztupit nástroje používané k broušení a frézování válce.), vana pro nanášení Ballardova dělicího roztoku, frézovací, brousící a leštící přístroje pro úpravu (potřebný průměr, rovinnost a drsnost) měděné vrstvy. [1]

## 1.2.2 Zhotovení tiskových prvků

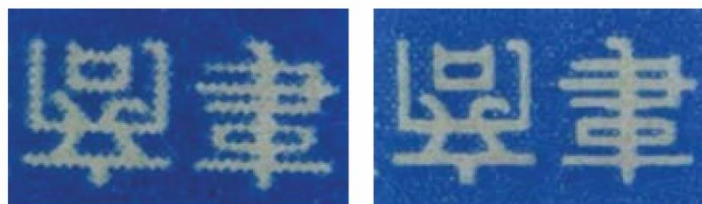
Pro zhotovení tiskových bodů na tiskové formě je využíváno tří způsobů:

### 1.2.2.1 Elektromechanicky

Nejrozšířenějším způsobem tvorby tiskových prvků je elektromechanický způsob, kde pracovním nástrojem k vytvoření tiskového motivu je diamantové rydlo. Jako náhrada natočení sítě, které zde není možné, je využíváno různých rycích úhlů. Tyto úhly jsou definovány různou délkou či šířkou jamek. Rycí hlava je vychylována elektromagnetickými silami, kde se dle potřeby zarývá hlouběji či méně do tiskové formy na základě posílaných digitálních dat tiskové předlohy. Při rytí diamant nedokáže vytvořit rovný okraj, což může být viditelné u okrajů linek, ploch či malých řezů písma. [2] [4]

**Xtreme engraving** je technika rytí založena na použití vyšší lineatury, než u rytí klasického. Jedna jamka je zhotovena z více diamantových vrypů a při vyrytí jamky o neúplné ploše 1–3 dílčími vrypy, lze zamezit pilovitosti hran. Výsledkem je pak obraz o větší kvalitě a rozlišení. [4]

**Transcribe rytí** je elektromechanickou technikou pro vytváření lineárních tvarů a precizní reprodukce textové předlohy. Se specializovaným zařízením je možné vytvářet tiskové body i liniovou grafiku s jednou rycí hlavou. Takto můžeme gravírovat až do 200 l/cm s hloubkou rytí 60  $\mu$  v normálním režimu a 130 $\mu$  při použití režimu s vysokým výkonem.



Obrázek 3: Vlevo: tisk z formy rytý tradičním způsobem; Vpravo: tisk rytý technikou tranScribe [3]

Kvalitativně je pak výsledný produkt srovnatelný s leptanou tiskovou formou. Při přípravě tiskové formy však musíme počítat s pomalejším rytím v TranScribe módu než při konvenčním rytí. [3]

### 1.2.2.2 Fotochemicky

Tisková deska je opatřena černou chemicky odolnou krycí vrstvou. Vrstva je osvětlena laserem, který způsobí odpaření vrstvy v místech, kde je tiskový motiv. Tisková forma se ponoří do leptací lázně, kde se obnažené plochy mědi vyleptají za pomoci chloridu železitého. Tiskové jamky mají stejnou hloubku a tónový charakter jim dodává jejich různá plocha. [2] [4]

### 1.2.2.3 Tepelně

Tepelné zhotovení tiskových bodů je uskutečňováno pomocí vysokovýkonného laseru, který vypaluje tiskový motiv přímo do zinkové vrstvy nebo mědi. Jamky mají stejnou velikost a různou hloubku. [4] [2]

## 1.3 Hlubotiskové barvy

### 1.3.1 Vlastnosti hlubotiskových barev

Hlubotiskové barvy se vyznačují především nízkou viskozitou, schopností rychle vyplnit vyhloubenou tiskovou jamku a následně jí opustit na potiskované medium, což je nutností pro rychlý tisk.

**Zasychání** barev je způsobeno odpařením rozpouštědla, při zvýšené teplotě. Barva musí zasychat rychle, tak aby bylo možné dosáhnout požadované rychlosti tisku. Ne ovšem tak rychle, aby se tvořily nežádoucí jevy způsobené předčasným, nebo zpomaleným zasycháním. Při příliš pomalém schnutí může dojít k migraci jedné barvy do druhé, vytváření značek na

obracecích tyčích, zadržování rozpouštědla v konečné části tisku. V odlišné situaci, kdy je inkoust příliš rychle vysušen mohou nastat problémy v síťování, které se projevuje zejména v jemných tónech. Překvapivě může docházet i k zadržení rozpouštědla. Některé pryskyřice totiž mají tendenci vytvářet nejdříve tenký povlak na svém povrchu, přes který následně nemůže rozpouštědlo uniknout a zůstává tak v barevném filmu. Rychlost schnutí rozpouštědla závisí především na zvoleném rozpouštědle společně s rychlostí jeho odpaření, kombinacích a druhích pryskyřic, jak budou dané pryskyřice rozpustné, jak rychle bude tímto pojivem rozpouštědlo uvolněno, a nakonec také na charakteru pórovitosti potiskovaného substrátu. [2]

**Viskozita** hlubotiskových barev je nízká a pohybuje se v rozmezí 10–200 mPas (nízké hodnoty najdeme zejména u publikačního tisku 15–20 mPas), taktéž je ideální viskozita vyjádřena jako doba 15–25 s průtoku Zahnovým pohárkem č. 2 při 25 °C v závislosti na podmínkách tisku. Viskozita a rychlost odpaření rozpouštědla určují charakter schnutí hlubotiskové barvy, a proto je nutné dbát na podmínky, které viskozitu tiskové barvy ovlivňují. Mezi ně patří reologické vlastnosti, rychlosti tisku, rychlost odpaření rozpouštědla, charakter stírání barvy a povaha substrátu. [8] [2] [7]

Vyšší tisková rychlost vyžaduje rychlejší schnutí barvy. Je nutné dosáhnout rychlého naplnění jamek a následného vytlačení barvy na potiskovaný materiál. V případě materiálů, pórovitý substrát vyžaduje větší viskozitu než hladký. Pokud nebyla tato fakta brána v potaz, tak by při tisku mohly vzniknout problémové situace: Příliš vysoká viskozita by měla za následek nedostatečné opouštění inkoustu z jamek na substrát, což by vedlo k tzv. stínování. Příliš nízká viskozita způsobuje rozmazávání, nebo také stlačení barvy k okraji tiskového prvku tzv. konturaci. [7]

**Dispergace** je proces výroby barvy, který má za úkol rovnoměrně rozptýlit pigmenty v barvě. Dispergace se pak provádí několika odlišnými způsoby. To přináší i odlišné vlastnosti výsledné barvy. Možnosti rozdispergování se nesou od použití chipsů a předem rozdispergovaných pigmentů, až po konvenční disperzní zařízení typu perlové a kulové mlýny a vysokorychlostní míchadla. [7]

Využitím pigmentových chipsů s malou příměsí předem rozdispergovaných pigmentů má za výsledek získání vysoce lesklých průhledných barev s krátkým vláknem a tixotropními vlastnostmi. Rozptýl obvykle probíhá na mixovacích přístrojích s vysokou smykovou rychlostí, což nám vytvoří barvu s disperzí něco pod 10 mikronů. Vyšší náklady na předběžnou disperzi

a omezené tokové vlastnosti řadí tento způsob do pozadí a je využíván pouze tehdy, není-li jiných možností. [7]

Perlový mlýn je v současné době nejrozšířenějším způsobem dispergace, hlavně díky jeho variabilitě a možnosti využít různé velikosti kuliček, které v mlýnu slouží k disperzi pigmentů. „Obecně platí čím menší kuličky, tím menší průtok. Z tohoto důvodu je nutné dosáhnout určitého kompromisu.“ [7]

Kulové mlýny se staly nepopulárními zejména díky nízkým šaržím a dlouhému času k vytvoření potřebného rozptylu. Jeho výhodou je však možnost vytvoření výborného průtoku barvy s velkým množstvím pigmentace. Oproti tomu výsledná barva postrádá lesk a je závislá na kvalitě konzistence pigmentu, který by neměl obsahovat nadrozměrné částičky, to by mohlo vést k zásadnímu poškození tiskové formy, a i dalších součástí tiskového stroje. [7]

**Lepivost** v hlubotisku je důležitým aspektem v případě je-li vyžadován tisk tzv. mokrá do suché. I v tomto případě závisí na pryskyřicích (suchosti/lepivosti za pokojové teploty), charakteru uvolnění rozpouštědla a teplotě měknutí. Zde pak mohou nastat problémy se zbytkovou lepivostí, která může vést na potišťené roli materiálu k obtahování, nebo také vytrhávání barvy. Příklad z praxe může být použití vysokoteplotních a vysoce lepivých pryskyřic, které tisku dodávají maximální lesk, a proto se využívá příměsí nízkolepivostních pojidel ethylcelulózy – EC, nebo ethylhydroxyethylcelulóza – EHEC. [7]

**Tloušťka barvového filmu** v hlubotisku je větší než u offsetu, knihtisku a flexotisku. V suchém stavu se tak může pohybovat i v hodnotě větší než 7 mikrometrů [7]

### **Složení hlubotiskových barev**

Pigmenty	4–12 %
Pigmentový plnič	0–8 %
Pryskyřice	10–30 %
Rozpouštědlo	40–60 %
aditiva	2–10 %

**Barviva** jsou společně s pigmenty poskytovatelem barevného vjemu. V hlubotisku se zřídka využívá základních druhů barviv z důvodu jejich reaktivity a špatné světlostálosti. Jsou to barviva rozpustná v toluenu, která se příležitostně využívají k oživení červené a modré barvy v publikačním tisku, nebo pro potisk hliníkové folie. Obecně trpí nízkou světlostálostí. Naopak



další hlubotisková barviva, jejichž rozpustnost závisí do značné míry na chemické struktuře, většinou však upřednostňují polární rozpouštědla a zejména nižší alkoholy. Jsou upřednostňována v potisku transparentních obalů a metalizovaných substrátů. Většina z nich vykazuje vynikající světlostálost. [7]

**Pigmenty** jsou v barvě obsaženy v rozmezí 5–10 % hm, což je mnohem méně než u ofsetu, flexotisku, či knihtisku. Nižší zastoupení pigmentů je umožněno díky vyššímu nánosu tiskové barvy z vyhloubených tisknoucích bodů. To je výhodné zejména proto že, pigment je nejdražší součástí tiskové barvy. Výběr pro tiskové techniky může být složitou záležitostí a jeho charakter se pak může odrážet na vlastnostech barvy. Nutnými vlastnostmi pigmentů je perfektní dispergace s dobrou stabilitou, blízkost k vlastnostem Newtonské kapaliny, chemické vlastnosti odpovídající využití tiskoviny a odolnost vůči rozpouštědlům s neschopností vyvolat změnu tokových vlastností barvy. Špatná toková vlastnost pak vede k nedokonalému vytékání a zatékání barvy z jamek a do jamek. V praxi je kvůli ekonomické náročnosti preferováno zvolení základní škály pigmentů, pro které lze nalézt v případě nutnosti alternativy. [7]

**Filmotvorné látky** 10–30 % hm. jsou kombinací 2–3 typů pojiv, aby mohlo být dosaženo požadovaných vlastností hlubotiskové barvy, při čemž je nutné, aby pryskyřice s většinovým podílem hmotnosti splňovala většinu potřebných vlastností. Potřebné základní vlastnosti jsou například: odpovídající přilnavost, dobré uvolňování rozpouštědla, dobrá rozpustnost v rozpouštědle, poskytnutí potřebného lesku, houževnatost pro zajištění odolnosti tisku, flexibilita proti trhlinám na hotovém barvovém filmu. Využívány jsou tvrdé pryskyřice na bázi kalafuny a asfaltu, nitrocelulóza, polyamidové pryskyřice a vinylové plasty. Pro vodové barvy se jako filmotvorná látka používají akrylová pojiva. [7]

**Rozpouštědla a ředidla** jsou v tiskové barvě v největším zastoupení. Rozpouštědla rozpouští filmotvornou látku a po tisku se okamžitě vypaří. Funkcí ředidel je změna viskozity. Barvy se často prodávají v koncentrátech a až před tiskem se ředí na pracovní viskozitu. Výběr rozpouštědel často závisí na vlastnostech potiskovaného materiálu a jeho konečném využití. Vzhledem k tomu, že některá rozpouštědla jsou toxická a tudíž škodlivá, je utlumováno jejich využití. Nicméně je stále v některých oblastech využíván toluen a xylen, jako pomocné rozpouštědlo obsažené společně s ketony v PVC barvách a alkoholy v barvách pro potisk polyethylenu. Pro potisk etiket na láhve a poštovní známky se využívají barvy na bázi toluenu, které převyšují ostatní svou schopností tisknout v jemných tónech. Pro potisk potravinových obalů jsou zejména využívána rozpouštědla jako jsou etanol, isopropanol, ethylacetát,

isopropylacetát, aceton, methylethylketon, některé z alifatických uhlovodíků a jako zpomalovače schnutí glykoly a ethery. Nároky na rozpouštědla jsou pak kladena ve smyslu vynikajícího tónového tisku při vysokých rychlostech s vysokými mazovými schopnostmi, tak aby docházelo k co nejmenšímu opotřebení hlubotiskových válců společně s využitím bezpečné a nejméně zdraví škodlivé varianty. [7]

V rámci omezování škodlivých rozpouštědel byla pozornost zaměřena na systém hlubotiskových barev na bázi vody. Nahrazení ředidel vodou není vůbec jednoduchou záležitostí. Bylo nutností změnit kapacitu sušení při tisku, proudění vzduchu a celkově konstrukci stroje . [7]

**Aditiva** jsou další doplňkové látky, který zlepšují vlastnosti barvy se širokou škálou funkcí a v barvě jsou obsaženy v malém množství s 2–10 %. Některá aditiva plní svou funkci již při tiskovém procesu. Jsou to látky smáčeující pigment, surfaktanty, které brání předčasnému zasychání. Jiné pak zajišťují stabilitu a odolnost při skladování a využívání tiskoviny. Mezi ně patří: vosky zvyšující odolnost proti oděru a stabilizátory zajišťující stabilitu barvě při skladování. Velká část pojiv pak vyžaduje přídavek chemických plastifikátorů, nebo plastifikujících pryskyřic, aby bylo zabráněno předčasnému zasychání a konečnému tiskovému filmu byla dodána potřebná pružnost na potiskovaném substrátu. [7]

Vodový systém barev je nutné obohatit o alkálie, které saponifikují pryskyřice a zároveň jsou dostatečně těkavé a pomohou vytvořit vodou nerozpustný suchý film. Další nutné přísady vodových hlubotiskových barev jsou látky snižující povrchové napětí a vzhledem k tomu, že povrchové vlastnosti mohou být ovlivněny přídatnými látkami podporující odolnost proti oděru a skluznosti nejlepší volbou pro jejich využití jsou polyolefiny, parafíny a amidové vosky. Při výběru všech aditivních přísad musíme dbát na to, aby mezitím co je přinášena pozitivní vlastnost, nebyla zároveň daná látka nositelem vlastnosti negativní. Příkladem může být ztráta adheze mezivrstev v důsledku nadměrného množství vosků. [7]

### 1.3.2 Rozdělení hlubotiskových barev

Hlubotiskové barvy dělíme dle účelu využití:

#### 1.3.2.1 Barvy pro publikační tisk

Jsou rozpouštědlové barvy využívané pro tisk časopisů, novin a katalogů. Jako pojivo je u těchto barev využíváno kombinací tvrdých pryskyřic společně s deriváty kaučuku. Jedním z nejvíce používaných rozpouštědel je toluen, ale je možné využít i lakový benzín, nebo xylen. [2]

#### 1.3.2.2 Barvy pro obalový tisk

**Rozpouštědlové barvy pro obalový tisk** obsahují filmotvorné složky, jako jsou deriváty celulózy, polyamidy a pryskyřice typu modifikované kalafuny k úpravě vlastností suchého filmu. Rozpouštědlem je ethanol s přídavkem ethylacetátu s možností dalších látek jako jsou alkoxypropanoly, propanoly, propylacetáty atd. [2]

**Vodové barvy pro obalový tisk** se zatím v hlubotisku nikterak neprosadily a je využíváno spíše přetiskových laků, které díky svým vlastnostem nenarušují potisk. [2]

### 1.4 Laky

Lak je tenká polymerní vrstva materiálu, která se na potiskovaný materiál aplikuje k ochraně před okolními vlivy, nebo vzhledovému zušlechtění. Příkladem může být chemická odolnost, oděruodolnost, zvýšení lesku, tvorba matného efektu či dodání barvě větší brilanci. Výsledný efekt barvy pak lze ovlivnit zejména typem použité technologie, typem tiskoviny, použitím barev atd. Lakování dělíme na parciální, anebo celoplošné. Parciálním lakováním pak rozumíme ten druh lakování, který není celoplošný a je nanášen pouze na vybraných místech, což tvoří zajímavý a hodně vyžadovaný efekt. [2]

K zajištění vytvoření rovnoměrné opticky dokonalé lakové vrstvy, musí být povrchové napětí kapalného laku, než povrchové napětí tiskoviny a to zhruba 10 mN/m. Tím je vytvořen hladký povrch na substrátu. Také adheze kapalného i vytvrzeného laku musí být k tiskovině větší, než je koheze laku samotného. Tím by mohlo dojít zase k odlupování lakové vrstvy. [2]

#### 1.4.1 Rozdělení laků

**Tiskové laky** jsou laky, jejichž složení je podobné složení barev pro danou techniku tisku. Tyto laky nacházejí svou výhodu zejména v tom, že nevyžadují přikoupení dalších technologií.

Základními vlastnostmi laků je průhlednost, bezbarvosť, mechanická odolnosť, nános o tloušťce přibližně 1–2 mikrony. Tyto typy laku zasychají zapíjením a oxypolymerací a vzhledem k tomu nejsou možné jimi potiskovat nesavé materiály.

Složení: tvrdé pryskyřice, měkké alkydové pryskyřice, vysychavé rostlinné oleje, minerální oleje, aditiva a sušidla [2]

**Dispersní laky** jsou vodou ředitelné mléčně zakalené nízkoviskozní kapaliny s nízkou zásaditostí, která v některých případech způsobuje reakci s barvami a je nutné na tento fakt brát ohled. Zasychání probíhá zapíjením a odpařováním rozpouštědla za pomoci vyšší teploty. Z velké části tyto laky plní funkci primeru, ten zaplňuje kapilární povrch papíru a usnadňuje tím smáčení při tisku dalších vrstev. Lesk je vyšší než u laků tiskových, jsou zdravotně nezávadné a tvoří pružnou pevnou vrstvu. Jejich možnými nevýhodami je zasychání v tiskovém stroji, zbytková vlhkost, která může způsobovat slepení archů a již zmíněná zásaditost. [2]

Složení: polymer nerozpustný ve vodě, vodou rozpustné modifikované pryskyřice, povrchově aktivní látky, vosky, odpěňovače a další aditiva [2]

**Zářením vytvrzované laky** rozumíme zejména laky vytvrzované za pomoci UV, nebo EB záření. Těmito laky lze dosáhnout vysokého lesku, okamžitého schnutí a oproti předchozím lakům je obsah sušiny 100 %. [2]

Složení: oligomerní pojiva, síťující a nesíťující monometry, fotoiniciátory a aditiva [2]

## 1.5 Hlubotiskové laky

### 1.5.1 Bariérové laky pro tisk papírových obalů potravin

Jedním ze zásadních problémů při lakování papírových obalů je výběr vhodných rozpouštědel pro lak. Pozitivní výsledky přivedlo vytvoření laků na vodní bázi v 60. letech minulého století. Ty překonaly z velké části své předchůdce na bázi ředidlových rozpouštědel. Tehdejší využití emulze kopolymeru vinyl chlorid vinylidenu v laku uspokojilo většinu kladených nároků. Lak měl nízké pachové vlastnosti, dobrý lesk a díky vodovému charakteru nedocházelo k opakovanému zvlhčování barvy. Hlavní nevýhoda ovšem spočívala ve vysoké tepelné srážlivosti 120 °C.

Z tohoto důvodu mohly být laky používány pouze na strojích s prodlouženým sušícím tunelem, který mohl dosahovat těchto teplot. To bylo pro dobrý výsledný tisk nezbytné. [7]

Potřebou bylo nalézt lak, jehož koalescentní vlastnosti budou vyžadovat mnohem nižší teplotu a k tomu také došlo. Díky velkému množství dostupných akrylových roztoků, emulzí a disperzí, je možné vytvářet vodou ředitelné laky pro papírové obaly s širokou škálou vlastností. [7]

Takto vypadá pak složení vodových laků využívané speciálně pro méně odolné materiály

disperze akrylové pryskyřice	40,0 %
roztok akrylové pryskyřice	28,0 %
vosková emulze	12,0 %
vosková disperze	5,0 %
aditivum proti pěnění	1,0 %
voda	6,0 %
isopropanol	8,0 %

### 1.5.2 Laky pro kartonážní produkci

Díky vzrůstající potřebě je téměř veškerá kartonážní produkce lakována. Většina obalové kartonáže (př. cigaretové a čokoládové krabičky) využívá tepelně aktivovaný transparentní folii, která při přitlačení na kartonový materiál za dodání tepla přilne k povrchu lepenky. Nutno dodat, že takováto technika vyžaduje barvy odolné proti teplu a laky propouštějící teplo z využití folie. [7]

Lak na bázi vody by měl kromě již zmíněných vlastností obsahovat tvrdé pryskyřice, které jsou schopné rapidně uvolnit vodu ze sušeného lakového filmu. Dbát na složení a kombinaci dvou využitých aminů, které mohou vytvořit vynikající výsledný tisk laku a v neposlední řadě dosáhnout požadované úrovně lesku. [7]

tvrdé akrylové pryskyřice	15,0 %
isopropanol	20,0 %
voda	15,0 %
hydroxid amonný	2,0 %
vosková emulze	5,0 %
akrylová emulze	35,5 %

vosková disperze	5,0 %
uvolňovací činidlo	1,5 %
aditivum proti pění	1,0 %

### 1.5.3 Laky na hliníková víčka

Víčka od jogurtu jsou pro snížení možnosti oděru či protržení přivařeny na kelímek pomocí tepelně aktivovaného laku, který je nanesen na zadní straně fólie. Využívána je modifikovaná vinylchloridová/vinyl acetátová pryskyřice kombinovaná s vhodným měkkým akrylovým materiálem tak, aby byl při utěsnění vytvořen kvalitní lepený spoj, zároveň umožňující snadné odloučení uzávěru z kelímku.

kopolymer vinylchloridu a vinylacetátu	15,0 %
akrylová pryskyřice	10,0 %
butanon	60,0 %
ethylacetát	15,0 %

## 1.6 Speciální využití reliéfu v polygrafii

### 1.6.1 Braillovo písmo

Je písmem, které řeší problém přijímání a sdílení informací mezi nevidomými, kteří jej čtou pomocí hmatu. Čtení písma probíhá zleva doprava a většina nevidomých se učí správnou metodu tak, aby porozuměli textu a nenamáhali zbytečně pohybový aparát. [21]

Čitelnost Braillova písma je hodnocena a ovlivněna výškou bodu, která se měří v mikronech. „*Má-li být Braillovo písmo čitelné, musí být dostatečně vysoké (dostatečná výška znaků je 250 μm).*“ Rozdílnost Braillova písma, ale můžeme též nalézt ve vzdálenosti písmen od sebe a techniky využití ke zhotovení písma. [21]

Tisk Braillova je zhotovován buď klasicky slepotiskem, nebo je doplňován černotiskem. To má význam hlavně pro lidi, kteří mají zbytkový zrak, nebo při integraci písma. Dříve se k tisku slepeckého písma využíval pouze sítotisk a časem po něm přibyla i termografie. Od roku 2006 platí v České republice nová vyhláška, která ukládá farmaceutickým firmám tisknout důležité údaje na krabičku léků. Díky tomu se začaly vyvíjet nové technologie tisku a k předchozím

technikám se přidal i digitální technologie. [21]

**Digitální technologie** nabízí samostatné digitální ink-jetové lakovací stroje, které nenaplnují jen potřeby tisku Braillova písma, ale mezi jejich vlastnosti například patří vysoký lesk díky speciálnímu UV tvrditelnému laku, tloušťky lakové vrstvy až 250 mikronů, vytváření efektu čočky a mnoho dalších. Celý proces je dle současných trendů ekologický a není zde využíváno rozpouštědel ani chemikálii. [22]

**Termografie** je v tomto ohledu chápána, jako zušlechťovací technika umožňující vytvořit na potiskovaném materiálu reliéfní plastickou strukturu. Na lepkavý tisk je naprášen termografický prášek (přírodní pryskyřice a pigmentů), který ohřátím zpolymerizuje, zvětší svůj objem a vytvoří tak plastickou hmatatelnou strukturu o výšce až 0,4 mm. Termografické zařízení lze navázat na vykladač archového ofsetového stroje [20] [2]

**Sítotisk** je velice zajímavou tiskovou technikou a má široký rozsah uplatnění od potisku textilie až po výrobu desek plošných spojů, proto se není čemu divit, že v tisku Braillova písma nachází své místo. *„Zatímco u ofsetového tisku se množství přeneseného laku pohybuje okolo 3 g/m<sup>2</sup>, pro flexotisk je udávána hodnota přibližně okolo 6 g/m<sup>2</sup> a u sítotisku se tato hodnota může pohybovat i nad 15 g/m<sup>2</sup>, což může zvýšit plasticitu výsledného efektu.“* [23]

Princip sítotisku spočívá v sítu napnutém v rámu. Netisknouce místa jsou zakryta světlocitlivou emulzí, která při ozáření vytvrdne. Skrz takovéto síto je protlačována barva pomocí těrky až na potiskovaný materiál. Barva projde pouze přes místa, kde je samotné síto. [23]

## 1.6.2 Bankovky

Pro bankovky je právně jedním ze zásadních prvků reliéfní efekt identifikovatelný hmatem, který buď zaručuje zabezpečení před paděláním, nebo hmatová značka pro nevidomé a slabozraké, umístěná v pravém horním rohu lícové strany bankovek.

**Hlubotisk** je hojně využíván v tisku bankovek pro zhotovení reliéfního efektu. Tento efekt je pak vytvořen za pomoci ručního rytí. Do kovové desky je ručně vyrytá kresba, která se poté přenáší na tiskovou formu. Výsledné linky jsou trojrozměrné o různých tloušťkách od silných po nepatrně tenké linky. Zejména pro jejich ruční zpracování je grafické napodobení náročné. [25]

Na bankovkách s hodnotou 100; 200 a 500 Kč jsou hlubotiskem vytištěny portréty, texty, hmatová značka pro nevidomé a hodnotové číslo. U tisícikoruny je k tomu navíc lipový list v koruně stromu, u dvoutisícikoruny struny lyry a u pětisícikoruny ploška s hlavou lva. [25]

K tisku se využívá pětibarvový archový stroj vybavený technologií nepřímého tisku z hloubky. V angličtině nazýváno indirect intaglio printing je poměrně složitou technikou. Princip spočívá v přenosu tiskového obrazu jednotlivých barev na snášecí válec a následně díky satelitně uspořádaným tiskovým jednotkám se ze snášecího válce soutisk obrazů všech barev natištěn na válec přenosový a teprve z něj finálně na potiskovaný arch. [24]

Jedním z nich je tiskový stroj IC532III, vybavený pěti formovými válci, tedy touto technikou provádí jednostranný pětibarevný tisk. Může potiskovat archy ve formátu od 360 × 600 mm do 700 × 820 mm a jeho rychlost tisku se pohybuje v rozmezí od 3 500 do 10 000 archů za hodinu. Maximální potiskovatelná plocha je 665 × 800 mm. [24]

## 1.7 Mechanické testy lakových vrstev

Jsou dány chemickým složením laků a slouží nám k určení vhodnosti laku pro provedení daného typu zakázky, vzhledem k tomu, že každá zakázka má jiné potřeby a její parametry mají jiný stupeň důležitosti. [19]

### 1.7.1 Zkouška ohybem

Princip této zkoušky spočívá v hodnocení odolnosti, pružnosti a adhezi lakového filmu na kovovém nebo plastovém povrchu při ohybu o 180° přes válcový trn. Trny jsou zhotoveny o různém průměru 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 16; 20; 25 a 32 mm. Postupně se na zařízení testují tištěné



vzorky na trnu o čím dál menším průměru. Hodnocení probíhá následovně buď pouhým okem, nebo za pomoci lupy. Do hodnocení se píše průměr trnu, u kterého nastalo poškození a popřípadě, zda je lak vhodný či není. [11] [19]

### **1.7.2 Zkouška rychlou deformací**

Zkouška je založena na padajícím závaží s kulovitým úderníkem o daném tvaru, hmotnosti a průměru. I samotné spouštění je omezeno normalizačními podmínkami. Průběh zkoušky probíhá tak, že na vodícím tubusu (má ve svém vybavení zářky, které definují hloubku průniku závaží.) se pomocí stupnice nastaví výška závaží na požadovaný bod spouštění. Zkušební vzorek (ocelový plech o velikosti 200 × 60 mm a tloušťce 0,5 mm) se umístí na matici (prstencový tvar se zaoblenými horními hranami) za pomoci upínacího aparátu. Po uvolnění závaží dopadne volným pádem na testovaný vzorek. Deformace se hodnotí pomocí lupy jako vyhovující/nevyhovující z 5 měření. [12] [19]

### **1.7.3 Zkouška hloubením**

Je zkouškou určující odolnost laku vůči popraskání, odloupenutí, přilnavost a elasticitu na kovovém materiálu. Na vzorek umístěný mezi upínací prsten a matici je tlačena kulička s konstantní rychlostí 0,1–0,3 mm/s do té doby, než dosáhne předepsané hloubky vtisku. Zkušební vzorek se kontroluje průběžně okem a lupou až do chvíle, kdy jsou viditelné první deformační změny nátěru. [13] [19]

### **1.7.4 Zkouška tvrdosti nátěru**

Za pomoci oscilačního kyvadla sledujeme průběh kmitu a amplitudu výchylky, která je způsobena dvěma ocelovými kuličkami, které tlumí svůj pohyb při nárazu na zkoušený povrch. Měří se čas v sekundách, za který se sníží amplituda na danou hodnotu. Z pravidla čím měkčí povrch, tím kratší doba oscilace. K měření využíváme Konigerova a Persozova kyvadla. [14] [19]

### **1.7.5 Diferenční skenovací kalorimetrie – DSC**

Je termická analýza, která zkoumá tepelné vlastnosti materiálů. Což je měření rozdílu mezi vzorkem v uzavřené nádobě a prázdnou nádobou (referenční hodnota), které jsou zahřívány konstantní rychlostí. Výsledkem měření je tepelný tok měřeného materiálu oproti referenčním hodnotám. Využití je rozmanité a využívá se k studiu změn při chemických a fyzikálních dějích, které jsou spojeny s tepelnými změnami. [15] [19]

### 1.7.6 Měření lesku

Je optickou vlastností, která souvisí s indexem lomu povrchu, profilem povrchu, průhledností, podložkou a zdrojem světla s jeho geometrií a spektrálním složením. Při hodnocení polygrafických materiálů, jako je papír, barva nebo i lak nelze uplatnit zákon odrazu (Úhel odrazu je roven úhlu dopadu.), který platí pro materiály, jejichž index lomu je konstantní. Nerovné a heterogenní materiály neodráží světlo jen ve směru odpovídající zákonu odrazu. [2]

Měření provádíme pomocí leskoměru, nebo spektrálního reflektometru. Ovšem při měření nízkých nánosů barvy nebo laku (zejména na pórovitý materiál) je lesk určován drsností materiálu, jelikož tenký film materiálu je nechopný zakrýt jeho nerovnosti. Aby bylo dosaženo co největšího lesku je výhodné použít co nejméně porézní a nesavý potiskovaný substrát a pokrýt jej barvou či lakem tak silnou vrstvou, aby vyplnila nerovnosti povrchu a vytvořila tak hladký film. [2]

*„Leskoměr zaznamenává zrcadlově odražené světlo jen v malém rozsahu.“* Měření leskoměrem jsou hodnoty vyjádřeny ze stanoveného standardu, kde jeho odrazivost je rovna 100. Volba úhlu měření (20°, 60°, 85°) vážně ovlivňuje citlivost leskoměru na změnu lesku, a i samotné měření může být zatíženo chybou kalibrace. [2]

Spektrální reflektometr rozlišuje lépe rozdílnost mezi lesklými a pololesklými plochami oproti leskoměru. Důvodem je, že umožňuje měření intenzity odraženého světla pod různými úhly a vlnovými délkami. [2]

### 1.7.7 Mřížková zkouška

Je využívána ke zkoušení odolnosti nátěru od potiskovaného materiálu, která je založena na vizuálním hodnocení poškození při pravoúhlém proříznutí nátěru ve tvaru mřížky až k substrátu. Není však považována za způsob měření přilnavosti. [18] [19]

Zkušební vzorek se umístí na pevný a rovný povrch a po provedení řezů se plocha otře měkkým štětcem a přitlačí se na ni lepící páska o přilnavosti 6–10 N. Do 5 minut se pak odlepí pod úhlem přibližně 60°. Mřížkovou zkoušku pak hodnotíme vizuálně a lupou s pomocí klasifikační stupnice. [18] [19]

### 1.7.8 Kolorimetrické stanovení barvových rozdílů

Barvovým prostorem CIE  $L^* a^* b^*$  lze stanovovat barvou odchytku a porovnávat vzniklé rozdíly barevnosti při tisku oproti žádaným hodnotám, a to nezávisle na zařízení za pomoci tří os. Osa  $L^*$  zaznamenává měrnou světlost. Osa  $a^*$  zaznamenává odstín od červené v kladných hodnotách po zelenou v hodnotách záporných a nakonec osa  $b^*$  udává odstíny od kladných hodnot žluté po modrou v záporných hodnotách. [2]

Princip měření spočívá ve vyjádření rozdílu barevnosti mezi dvěma barvami, který je vyjádřen jako barvová odchytk  $\Delta E^*ab$ .

Barvou odchytku  $\Delta E^*ab$  lze vypočítat podle následujícího vztahu:

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

$\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  a  $\Delta L^*$  jsou rozdíly hodnot mezi reprodukovánými a referenčními vzorky z měření prováděných spektrofotometrem. Tímto způsobem tak lze měřit shodu nátisku s výsledným tiskem nebo změnu odstínu během stárnutí. Vyhodnocení kvality se pak porovnává s tabulkovými hodnotami. [16] [17] [19]

## 2 Praktická část

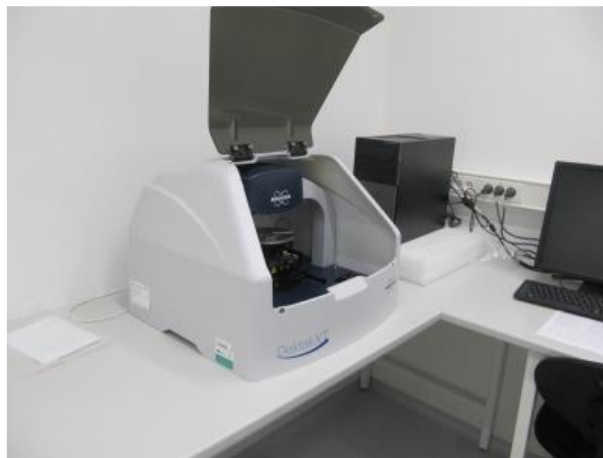
Využité přístroje: nátiskový stroj J. M. HEAFORD model SC 260, profilometr Dektak XT, Nikon ECLIPSE LVDIA-N, korona Alhrandt, profilometr KLA Tencor, p-7

### 2.1 Tisk na nátiskovém stroji

Po naměření hodnot viskozity byl proveden tisk na nátiskovém stroji za pomoci pověřeného pracovníka firmy OTK. K vytvoření nátisku bylo využito nátiskového stroje J. M. HEAFORD model SC 260 a jako potiskovaný substrát posloužila polypropylenová folie.

### 2.2 Měření profilometrem Dektak XT

Přístroj Dektak XT je mechanický profilometr od firmy Brucker. Součástí přístroje je stylus o rozměrech 2 nebo 12,5  $\mu$ . Nedílnou součástí zařízení je také optický systém a to především 3,1 Mpx kamera pro zobrazování vzorků. Společně s digitálním zvětšením 0,275–2,2 mm, tak lze jednoduše kontrolovat a měnit měřený vzorek a jeho polohu. S přístrojem je možné měřit ve vertikálním rozlišení  $<1$  nm.



Obrázek 4: profilometrem Dektak XT

#### 2.2.1 Postup měření

Před měřením bylo nutné připravení vzorků. Byl vybrán jeden tiskový motiv opakující se jak na formovém válci 1 i 2. Tyto motivy byly vystřiženy jako vzorky a označeny lihovým fixem podle formového válce na kterém byly tištěny, jejich hustoty sítě a druhu laku.

Následně bylo provedeno nastavení přístroje podle vzorků. Byla nastavena délka měření na 2000  $\mu$ m, čas měření 60 s a rozsah měřeného reliéfu 65,5  $\mu$ m. Při měření vzorků tištěných na německém válci (konkrétně body tištěné hloubkou tiskové jamky 100 a 130  $\mu$ m) bylo nutné

rozsah měření navýšit na 524  $\mu\text{m}$ . Zbylé měření probíhalo následovně. V poloze stylusu „*tower home*“ byl umístěn vzorek pod stylus a zatížen pomocí dvou sklíček, tak aby folie byla při měření co nejvíce vyrovnána a nevznikala chyba měření. Stylus byl spuštěn do pozice „*tower down*“. Za pomoci otočných páček upravující polohu byl stylus přemístěn k měřenému proužku a bylo spuštěné měření.

Toto měření vyneslo do počítačového programu graf znázorňující profil testovaného proužku na vzorku. V tom samém programu byla vycentrovány obě oblasti začátku lakové vrstvy a konce samotné foliové vrstvy do nulových hodnot. Následně se pomocí přímky *R* (references) zvolil referenční bod (oblast folie) a za pomoci přímky *M* (measurement) byla vybrána průměrná oblast výšky reliéfu laku. Všechny naměřené hodnoty pak byly uloženy v obrazové formě.

### **2.3 Měření mikroskopem Nikon ECLIPSE LVDIA-N**

Jedná se o vzpřímený materiálový mikroskop s možností osvětlení ve světlém i tmavém poli. Mikroskop vlastní tři různé objektivy pro rozdílné zvětšení a možnost měření trojrozměrně.

#### **2.3.1 Postup měření**

Po zapnutí mikroskopu a pc programu byl zvolen objektiv (5 $\times$ ) kterým byl používán a ten bylo nutné nastavit i v počítačovém programu. Následně byl vložen měřený vzorek pod objektiv. Pomocí tlačítka „*play*“ byl aktuální obraz zaveden na obrazovku monitoru. Obraz byl zaostřen za pomoci hrubého a jemného šroubu společně s digitálním doostřením. Dle potřeby se zvolila možnost práce ve světlém, nebo tmavém poli (jiné směřování světelných paprsků). Díky programovým funkcím pak na konečném nastaveném obraze byly naměřeny různé potřebné rozměry, které se lišily podle účelu měření a druhu vzorku. Do obrázku pak byly tyto hodnoty vloženy a obrázek byl uložen.

**Měření hustoty sítě** bylo provedeno za pomoci vzorku Siemensovy hvězdy o 60 paprskovitých čarách, které se sbíhají do středu se snižující se tloušťkou paprsků. Mikroskopem pak byl měřen průměr středu, který byl odměřován podle toho, kde již bylo možné rozeznat začátek paprsku. V případě rytého válce v OTK nastala komplikace z důvodu příliš nízkého rozlišení, které nebylo možné naměřit ani na objektivu v nejnižším zvětšení. Tudíž se naměřila nejmenší reprodukovatelná šířka paprsku, tedy šířka, kde je již paprsek rozeznatelný od středu hvězdy. V tomto měření nebyly proměřeny vzorky V1 s hloubkou tiskových jamek 100 a 130  $\mu\text{m}$ , a to z důvodu chybějící Siemensovy hvězdy v návrhu. Rozlišovací charakter laku v linkách na

centimetr je pak vypočten přes následující rovnici, kde  $N$  je počet paprsků hvězdy a  $d$  je průměr pomyslného středu hvězdy.

$$R = \frac{N}{\pi d} \quad (2)$$

**Nejmenší reprodukovatelná linka** byla analyzována za pomoci stupnice linek o tloušťce 10; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; 100; 150; 250; 500 a 1000. Jako nejmenší reprodukovatelná linka byla stanovována ta linka, která byla souvislá a nejevila známky přerušování. V tomto měření nebyly proměřeny vzorky V1 s hloubkou tiskových jamek 100 a 130  $\mu\text{m}$ , a to z důvodu chybějící stupnice v návrhu.

**Tvary a struktura** byly měřeny na silnějších linkách. Zde byly měřeny šířky daných linek, měřil se prakticky stejný motiv u všech vzorku, až na vzorky V1 s hloubkou tiskových jamek 100 a 130  $\mu\text{m}$ , tady byl proměřen jiný motiv, a proto není možné porovnávat šířku těchto linek s ostatními linkami.

## 2.4 Reliéfní laky

K měření a vyhodnocování byly využity čtyři laky, z nichž dva byly od firmy Siegwerk a dva od firmy Huber. Před tiskem na nátiskovém stroji byla proměřena jejich konzistence za pomoci výtokového pohárku ISO 4 mm.

### 2.4.1 Siegwerk sandy touch – SS

Úplný název tohoto laku je 10-617309-9 NB 2K 20-28 LACQUER-SANDY TOUCH-NC. Tento lak vytváří matný povrch s dotekovým efektem pískovité struktury. Před samotným měřením a tiskem na nátiskovém stroji byl lak naředěn směsí ředidel č. 35 v poměru 100 jednotek objemu laku ku 28 jednotkám objemu tvrdícího roztoku. [28]

#### Parametry laku od výrobce:

ředidlo	ethylacetát
urychlovač schnutí	ethylacetát
zpomalovač schnutí	methoxypropylacetát nebo n-propylacetát
podíl pevných složek	39 % $\pm$ 2 %
aplikační plošná hmotnost	3,9–4,0 g/m <sup>2</sup>
doporučená viskozita	17–19 s (DIN výtokového pohárku 4 mm)

#### 2.4.2 Siegwirk paper laquer – SP

Celým názvem 10-616904-8 NB 20-28 PAPERTOUCHE LAQUER-SUPERMATT-NC. Tento lak se supermatujícím efektem byl před tiskem na nátiskovém stroji nařazený ředidlovým roztokem v poměru 100 objemových jednotek laku ku 28 objemovým jednotkám ředidlového roztoku. [29]

##### Parametry laku od výrobce:

ředidlo	ethylacetát
urychlovač schnutí	ethylacetát
zpomalovač schnutí	methoxypropylacetát nebo n-propylacetát
podíl pevných složek	34 % ± 2 %
aplikační plošná hmotnost	3,0–4,0 g/m <sup>2</sup>
doporučená tisková viskozita	17–19 s (výtokový pohárek 4 mm)

#### 2.4.3 Huber paper touch matt – HP

Celým názvem Gecko 2 K Paper touch matt varnish je dvousložkový lakem s matným efektem slibující sametový efekt doteku. Před tiskem na nátiskové stroji proběhlo stejně jako u předchozích látek nařazení ředícím roztokem. Bylo nařazené 25 objemových jednotek rozpouštědlového roztoku značeného 70GH132871 se 100 objemovými jednotkami laku. [30]

##### Parametry laku od výrobce:

ředidlo	ethylacetát/n-propylacetát
zpomalovač schnutí	metoxypropylacetát
podíl pevných složek	37 % ± 2 %
aplikační plošná hmotnost	5,0 g/m <sup>2</sup>
doporučená tisková viskozita	13–15 s (výtokový pohárek DIN4)

#### 2.4.4 Huber Silk touch – HS

Celým názvem Gecko Varnish silk touch je z měřených laků jediným jednosložkovým lakem. Tento lak nabízí efekt sametově hebkého doteku. [31]

## Parametry laku od výrobce:

ředidlo	ethanol/ethylacetát
zpomalovač schnutí	ethoxypropanol
doporučená tisková viskozita	13–15 s (výtokový pohárek DIN4)

## 2.5 Konzistence

Konzistence byla proměřena krátce po naředění laků roztoky ředidel za pomoci výtokového pohárku ISO 4 mm.

### 2.5.1 Postup měření

Vzorky laků byly dle potřeby naředěny doporučeným poměrem směs ředidel/lak. Pohárek byl zaplněn lakem a za pomoci stopek byla proměřována doba, za kterou vyteče lak z trysky. Tento postup byl opakován pro každý lak 3×. Z těchto tří hodnot byl vytvořen průměr zaokrouhlený na celé jednotky sekund.

Tabulka 1: Měřené hodnoty konzistence laků výtokovým pohárkem ISO 40 mm

Zkratka laku	Konzistence [s]			
	SS	SP	HS	HP
1.	19	18	18	30
2.	19	18	18	30
3.	20	19	18	31
Průměr [s]	20	18	18	30

Všechny laky vykazovaly přibližně stejnou konzistenci a v případech, kde lze porovnat hodnoty doporučené, jim i odpovídají. Jediné odlišné hodnoty, které nejsou zanedbatelné vykazuje lak Huber Paper touch matt. Bylo proto nutné zaměřit se v následujících krocích, zda tyto hodnoty nebudou vykazovat nežádoucí efekt na průběhu dalšího měření a tisku.

## 2.6 Hlubitiskové válce

### 2.6.1 Válec firmy GRT – 1V

Tiskový motiv na válci byl vytvořen v Německu za pomoci laseru HRC, což je technika přímého vypalování laserem do mědi. Tento HRC laser je schopný vypalovat různé hloubky jamek v krocích po 8 µm na jednom hlubitiskovém válci. Válec je dále v



naměřených hodnotách označován číslem 1. V tabulce jsou pak uvedeny náležitosti měřených vzorků z tohoto válce. Pro měření byly vybrány vzorky azurové purpurové a žluté.

Vzorky černé a zelené v hodnotách hloubky rytí 100 a 130  $\mu\text{m}$  nebyly proměřovány v případech rozlišení a nejtenčí reprodukovatelné linky z důvodu absence měřících prvků. [27]

Firma GRT se zabývá zhotovováním formových válců a nabízí mimo jiné i techniku vypalování laserem pro bezpečnostní aplikace jako je zhotovení mikropísma, tvorbu různých hloubek tiskových bodů pro tvorbu 3D struktury a stejně tak tvorbu liniového hlubotisku. [27]

Tabulka 2: Technické parametry válce GRT

Barevná sekvence	Hustota sítě [lpcm]	Hloubka vypalování [ $\mu\text{m}$ ]
Žlutá	100	15
Purpurová	80	30
Azurová	60	50
Černá	–	100
Zelená	–	130

## 2.6.2 Válec firmy OTK – 2V

Tento válec byl vyroben přímo ve firmě OTK Group. Za pomoci technologie rytí diamantovým hrotem do měděné vrstvy. Pro měření je opatřen tiskovými motivy o třech odlišných hustotách sítě: 40, 45 a 54 lpcm. Válec byl vyryt v úhlu rytí 3, který je využíván pro žlutou barvu. V dalších měřeních tento válec vystupuje pod označením číslem 2.

## 2.7 Množství přenesené lakové vrstvy

Z důvodu vyšší odchylky některé z naměřených hodnot musely být nahrazeny nově přeměřenými hodnotami. Naměřené hodnoty výšky reliéfu byly zpracovány do tabulek, zprůměrovány a zpracovány do grafů pro porovnání rozdílů výšek reliéfu.

Tabulka 3: Profilometrické měření laku Huber-Paper touch tištěném na OTK válci

Formový válec OTK Huber-Paper touch			
Označení měření	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (40/3)	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (45/3)	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (54/3)
a	1,3	1,5	0,9
b	2,0	1,6	0,8
c	2,0	1,6	1,3
d	1,4	1,2	1,0
e	1,7	1,1	1,2
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	1,7	1,4	1,0
Abs. směr. odchylka měření [ $\mu\text{m}$ ]	0,17	0,15	0,15

Tabulka 4: Profilometrické měření laku Huber-Paper touch tištěném na GRT válci

Formový válec GRT Huber-Paper touch					
Označení měření	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R100/15 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R80/30 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R60/50 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (100 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (130 $\mu\text{m}$ )
a	1,2	1,1	1,3	7,5	8,5
b	1,2	1,3	1,3	6,6	8,6
c	1,1	1,3	1,4	6,1	7,1
d	0,9	1,2	1,4	6,8	7,9
e	1,0	1,2	1,3	5,9	7,2
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>6,6</b>	<b>7,9</b>
Abs. směr. odchylka měření [ $\mu\text{m}$ ]	0,10	0,05	0,03	0,08	0,08

Lak Huber Paper touch vykazoval v obou případech tisku nejmenší hodnoty vytvořené reliéfní vrstvy. Tento fakt může být následkem mnoha ovlivňujících faktorů. Jedním z nich může být příliš nízká konzistence laku, kterou tento lak vykazoval jako nejnižší, menší množství sušiny, než je deklarováno dodavatelem, nebo i tvar a velikost pevných složek v laku.

Tabulka 5: Profilometrické měření laku Huber-Silk touch tištěném na OTK válci

Formový válec OTK Huber-Silk touch			
Označení měření	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (40/3)	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (45/3)	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (54/3)
a	3,6	4,1	3,4
b	3,3	3,4	3,7
c	4,7	3,2	2,8
d	4,2	3,1	2,6
e	4,3	3,5	3,1
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>4,0</b>	<b>3,5</b>	<b>3,1</b>
Abs. směr. odchylka měření [ $\mu\text{m}$ ]	0,13	0,10	0,12

Tabulka 6: Profilometrické měření laku Huber-Silk touch tištěném na GRT válci

Formový válec GRT Huber-Silk touch					
Označení měření	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R100/15 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R80/30 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R60/50 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (100 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (130 $\mu\text{m}$ )
a	1,3	1,4	1,8	5,8	10,1
b	1,3	1,5	1,6	6,1	9,7
c	1,2	1,1	1,5	6,9	9,4
d	1,3	1,2	1,7	6,2	9,2
e	1,0	1,4	1,9	6,3	8,2
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>6,3</b>	<b>9,3</b>
Abs. směr. odchylka měření [ $\mu\text{m}$ ]	0,09	0,11	0,08	0,06	0,07

Tento lak již vykazuje o něco větší hodnoty tloušťky lakové vrstvy. Vzhledem k tomu, že tento lak je od stejného výrobce, lze pozitivní nárůst přičíst i vyšší konzistenci, ne však v celém rozsahu. Znatelný nárůst je pak nejvíce patrný na OTK válci.

Tabulka 7: Profilometrické měření laku Siegwerk-Paper touch tištěném na OTK válci

Formový válec OTK Siegwerk-Paper touch			
Označení měření	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (40/3)	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (45/3)	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (54/3)
a	5,1	4,3	4,6
b	5,4	4,8	5,0
c	5,4	5,0	4,5
d	4,7	5,7	4,8
e	5,4	5,4	4,4
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>5,2</b>	<b>5,1</b>	<b>4,7</b>
Abs. směr. odchylka měření [ $\mu\text{m}$ ]	0,05	0,09	0,05

Tabulka 8: Profilometrické měření laku Siegwerk-Paper touch tištěném na GRT válci

Formový válec GRT Siegwerk-Paper touch					
Označení měření	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R100/15 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R80/30 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R60/50 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (100 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (130 $\mu\text{m}$ )
a	2,3	2,5	4,6	9,8	13,3
b	3,0	2,8	5,0	11,7	13,2
c	2,8	2,4	4,6	11,7	13,5
d	2,5	2,8	4,7	9,7	13,4
e	3,1	2,4	4,5	9,7	13,0
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>	<b>4,7</b>	<b>10,5</b>	<b>13,3</b>
Abs. směr. odchylka měření [ $\mu\text{m}$ ]	0,11	0,07	0,04	0,09	0,01

Tento lak nabývá nejvyšších hodnot ze všech laků na válci z OTK. Na GRT válci již jen částečně v hodnotách nižších hloubek tiskových bodů a to konkrétně v hloubkách 15; 30 a 50  $\mu\text{m}$ .

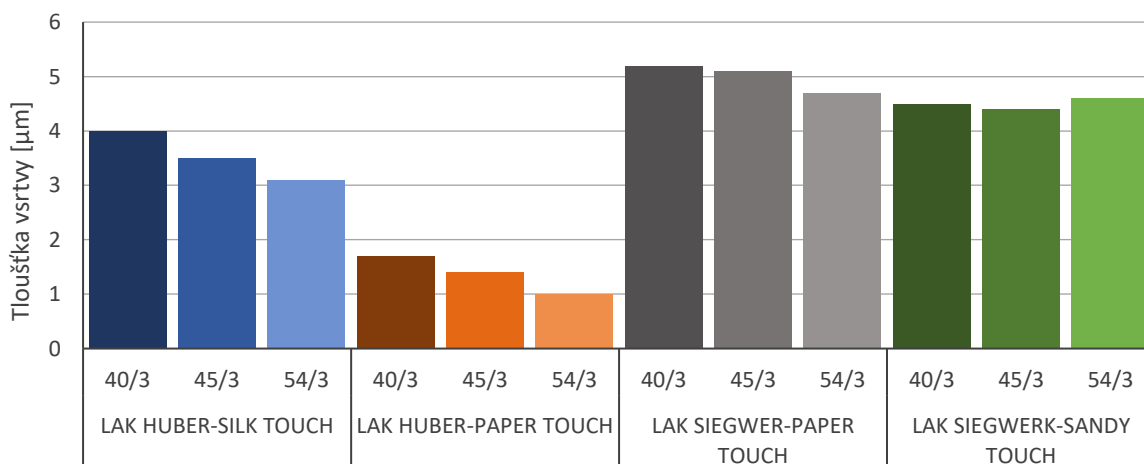
Tabulka 9: Profilometrické měření laku Siegwerk-Sandy touch tištěném na OTK válci

Formový válec OTK Siegwerk-Sandy touch			
Označení měření	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (40/3)	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (45/3)	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (54/3)
a	4,7	4,1	4,6
b	3,9	4,8	4,9
c	4,4	4,2	4,1
d	4,8	4,3	5,2
e	4,6	4,4	4,3
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>4,5</b>	<b>4,4</b>	<b>4,6</b>
Abs. směr. odchylka měření [ $\mu\text{m}$ ]	0,08	0,05	0,08

Tabulka 10: Profilometrické měření laku Siegwerk-Sandy touch tištěném na GRT válci

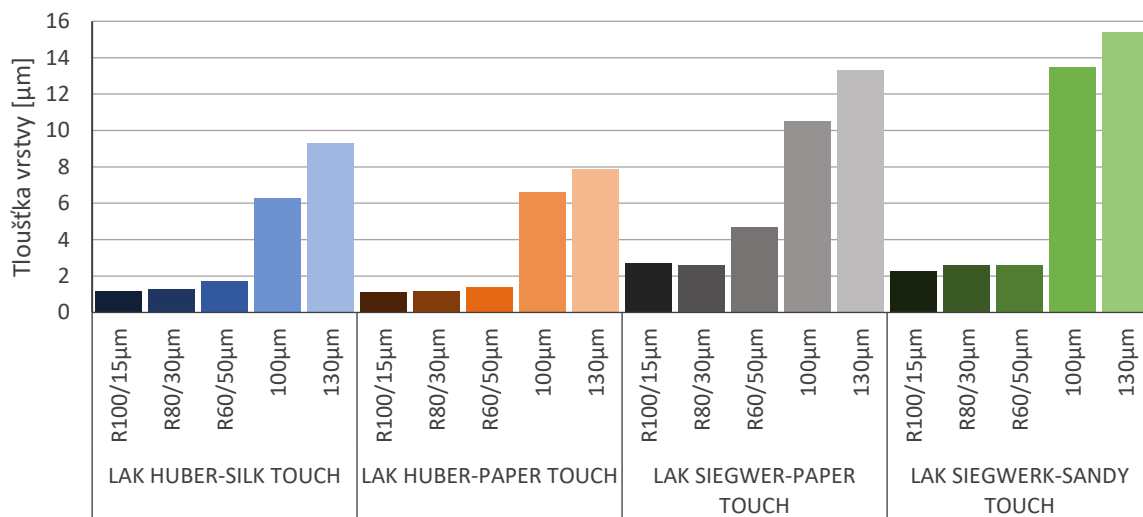
Formový válec GRT Siegwerk-Sandy touch					
Označení měření	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R100/15 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R80/30 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (R60/50 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (100 $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ [ $\mu\text{m}$ ] (130 $\mu\text{m}$ )
a	2,2	2,6	3,2	13,1	15,8
b	2,3	2,0	2,1	13,8	15,4
c	2,3	2,6	2,8	14,0	15,7
d	2,4	2,8	2,5	13,2	14,9
e	2,4	3,0	2,2	13,7	15,0
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>2,3</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>13,5</b>	<b>15,4</b>
Abs. směr. odchylka měření [ $\mu\text{m}$ ]	0,03	0,13	0,16	0,03	0,02

Tento lak vykazoval největší reprodukovatelnou vrstvu na válci GRT v hloubkách tiskových bodů 100 a 130  $\mu\text{m}$ . V ostatních hodnotách o něco málo zaostával za druhým lakem od stejného výrobce.



Obrázek 5: Průměrná tloušťka vrstvy laků tištěných na formovém válci z OTK

Grafy této bakalářské práce jsou uzpůsobeny tak, aby jedna barva odpovídala jednomu druhu laku a hodnoty lineatury sítě, nebo též hloubka tiskové jamky je vykazována v různých odstínech této barvy. Na příklad pro lak Huber Paper touch je zvolena barva modrá a hustota sítě 54 lpcm má nejtmaší barvu a lineatura 40 lpcm má barvu nejsvětější. Na první pohled z grafu je patrné, že je zde vytvořena určitá nepřímá úměra mezi výškou lakové vrstvy a hustotou sítě. Tato závislost ukazuje, že tloušťka lakované vrstvy se stoupající hustotou sítě klesá.



Obrázek 6: Průměrná tloušťka vrstvy měřených laků tištěných na formovém válci z Německa

V případě měření hodnot válce GRT je vhodné se zaměřit na hloubku vypalování tiskového bodu než na hustotu sítě. Zde je vytvářen veliký kontrast mezi tiskovými motivy s hloubkami jamek 15; 30 a 50 μm oproti tiskovým jamkám o hloubce 100 a 130 μm. Tady naopak lze vidět funkci úměry přímé. Čím větší hloubka tiskového bodu, tím větší vrstva lakové vrstvy.

Obě výše uvedené úměrnosti nelze brát doslovně. Výšku tiskového laku ovlivňuje mnoho dalších faktorů a je nutné s nimi počítat.

Při porovnávání obou formových válců vyšly hodnoty 100 a 130 μm hloubky tiskové jamky, jako hodnoty tiskové motivy umožňující tisk nejsilnějších vrstev. I přes to je zřetelné, že formový válec od firmy OTK měl kvalitní výsledky, které z hlediska přenosu laku předčily tisk reprodukováný tiskovými jamkami o hloubce 15; 30 a 50 μm.

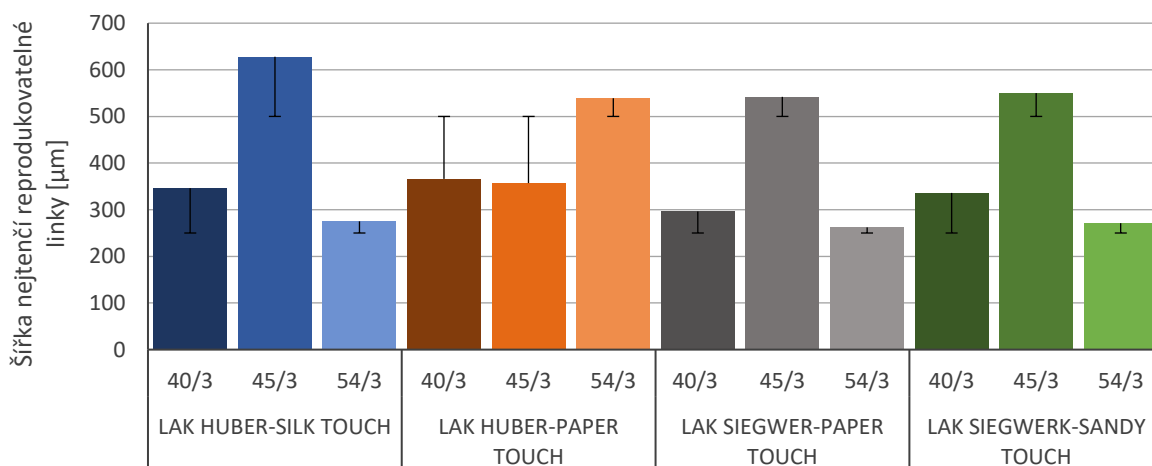
## 2.8 Nejtenčí reprodukovatelná linka

Tabulka 11: Měření nejtenčí reprodukovatelné linky na OTK válci pro laky od firmy Huber

V2	Huber-Paper touch			Huber-Silk touch		
	Šířka linky [ $\mu\text{m}$ ]					
	40/3	45/3	54/3	40/3	45/3	54/3
Nominální hodnota	500	500	500	250	500	250
Reálná hodnota	351	366	539	307	635	241
	382	351	536	356	626	302
	363	354	541	372	623	281
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	366	357	359	346	628	275
Rozdíl [ $\mu\text{m}$ ]	-134	-143	39	96	128	25

Tabulka 12: Měření nejtenčí reprodukovatelné linky na OTK válci pro laky od firmy Siegwerk

V2	Sierwerk-Paper touch			Siegwerk-Sandy touch		
	Šířka linky [ $\mu\text{m}$ ]					
	40/3	45/3	54/3	40/3	45/3	54/3
Nominální hodnota	250	500	250	250	500	250
Reálná hodnota	332	410	269	331	621	246
	338	611	253	337	404	283
	215	602	262	337	625	283
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	296	542	262	336	550	271
Rozdíl [ $\mu\text{m}$ ]	46	42	12	86	50	21



Obrázek 7: Nejtenčí reprodukovatelná linka na válci OTK

V tomto případě měření jsou do grafu implementovány chybové úsečky vyjadřující nominálních hodnot šířek linek. Vzhledem k nízké hustotě sítě a typu využití techniky

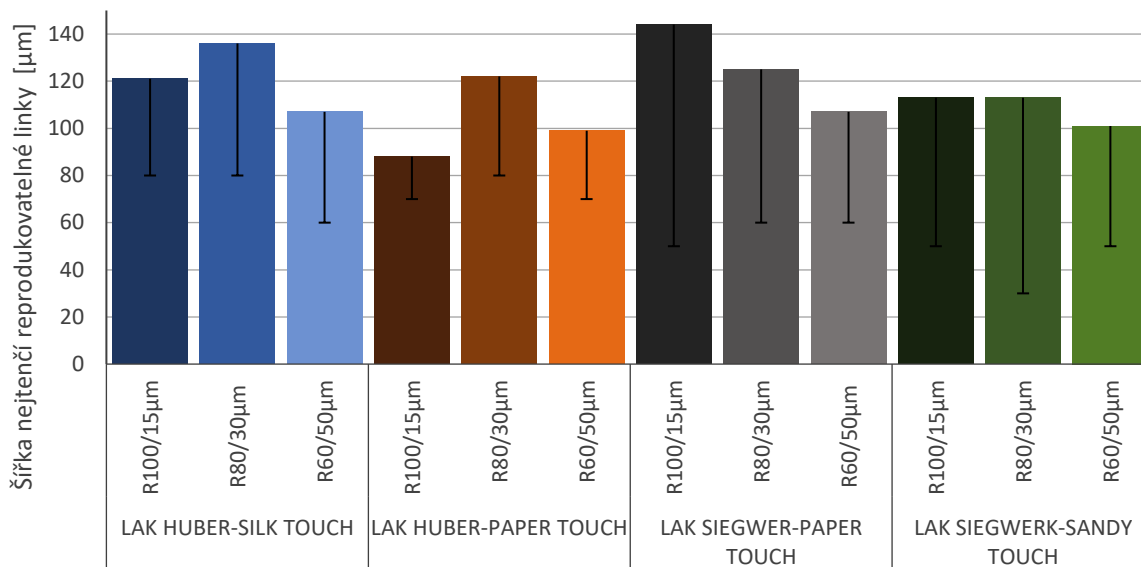
k vytvoření formového válce byly nejnižší možné reprodukovatelné linky v rozmezí 250–500  $\mu\text{m}$ . Na měřené škále se mezi těmito linkami nevyskytovala již žádná jiná, což je důvod, proč je měření velice nepřesné a lze z něj pouze vydedukovat fakt, že v případě návrhu je možné reprodukovat souvislé linky již od šířky 250  $\mu\text{m}$ , při čemž je nutné dbát na nárůst tiskového bodu, který v některých případech není nepatrným a je s největší pravděpodobností zapříčiněn i nevhodnou viskozitou laku při tisku na nátiskovém stroji. Jediný lak Huber paper touch vykazoval pokles šířky nejmenší reprodukovatelné linky. Tento fakt byl způsoben tím, že při měření hodnot byla proměřována pouze souvislá linka, a nebyly do ní uvažovány okolní tiskové body. Z toho lze usoudit, že linka by teoretických hodnot mohla dosahovat vyšší šířky v případě započítání krajních tiskových bodů a vytvářela by tak ideální stav. Na druhou stranu i u ostatních linek by došlo k ještě většímu nasílení.

Tabulka 13: Měření nejtenčí reprodukovatelné linky na GRT válci pro laky od firmy Huber

V1	Huber-Paper touch			Huber-Silk touch		
	Šířka linky [ $\mu\text{m}$ ]					
	100/15 $\mu\text{m}$	80/30 $\mu\text{m}$	60/50 $\mu\text{m}$	100/15 $\mu\text{m}$	80/30 $\mu\text{m}$	60/50 $\mu\text{m}$
Nominální hodnota	70	80	70	80	80	60
Reálná hodnota	63	110	96	117	145	97
	91	128	108	118	121	110
	107	126	91	126	140	114
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	87	121	98	120	135	107
Rozdíl [ $\mu\text{m}$ ]	17	41	28	40	55	47

Tabulka 14: Měření nejtenčí reprodukovatelné linky na GRT válci pro laky od firmy Siegwark

V1	Sierwerk-Paper touch			Siegwerk-Sandy touch		
	Šířka linky [ $\mu\text{m}$ ]					
	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$
Nominální hodnota	50	60	40	50	30	50
Reálná hodnota	165	133	107	107	133	107
	143	124	107	119	98	94
	123	117	105	110	106	101
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	143	125	107	112	112	101
Rozdíl [ $\mu\text{m}$ ]	93	65	67	62	82	51



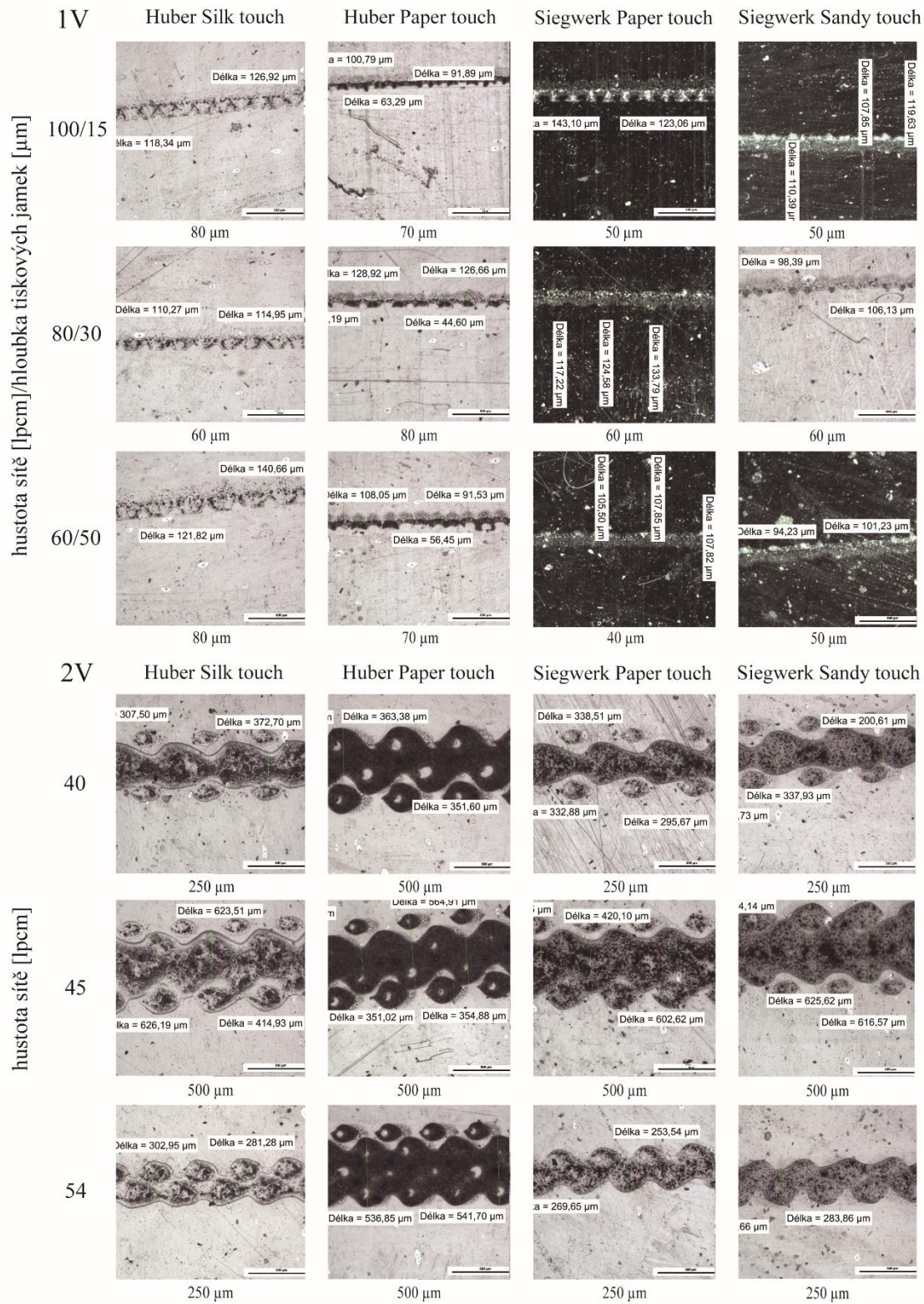
Obrázek 8: Nejtenčí reprodukovatelná linka na válci GRT

Na válci GRT již byly naměřeny jemnější vytištěné linky. Tyto hodnoty byly porovnány s nominálními, které vyjadřují rozměry zadávané při digitálním zpracování tiskové předlohy a v tabulce jsou zadávány jako černá chybová úsečka ve sloupci. Dle nominálních hodnot by měl mít nejtenčí reprodukovatelnou linku lak Siegwerek Sandy touch následovaný lakem Siegwerek Paper touch. Z důvodu vysokého nasílení linky tomu tak ovšem není. Linky v některých případech byly nasíleny až o víc jak polovinu udávané šířky, vlivem roztečení laku během tisku. Za nejlepší možnou variantu v tomto ohledu by proto bylo vhodné zvolit lak, kde nedošlo k tak velkému nasílení oproti udávaným hodnotám a tím je lak Huber Paper touch. Ovšem i tento lak navýšil svou šířku linky o víc jak polovinu, a proto je nutné při jeho zvolení jako nejlepší varianty jej brát s opatrností.

Obecně lze usoudit, že laky při tisku na nátiskovém stroji je nutné ředit na vyšší konzistenci, než je udávána v technických listech. Tato konzistence je totiž stanovována pro tisk na tiskovém stroji, a ne na nátiskovém zařízení, kde lze předpokládat nižší rychlosti tisku. Hodnota konzistence laku Huber Paper touch, která se z počátku zdála jako nevýhodnou výchozí pozicí pro měření se při nátiscích jevila jako řešení vzniklých problémů.



## Nejmenší možná reprodukovatelná linka



Obrázek 9: Nejmenší reprodukovatelná linka

## 2.9 Rozlišení tisku stanovené pomocí Siemensovy hvězdy

Motiv Siemensovy hvězdy je využit pro stanovení rozlišovací schopnosti při tisku na polypropylenovou folii v jednotkách lpcm. Při měření na válci rytým diamantovým hrotem (OTK) bylo měření znemožněno a výpočet proto bylo nutné stanovit přes naměření nejmenší možné rozpoznatelné šířky paprsku. Hustota sítě byla vypočtena přes množství linek této šířky, které se vejdou do 1 cm.

Tabulka 15: Měření rozlišení Siemensovou hvězdou na OTK válci pro laky od firmy Huber

V2	Huber-Paper touch			Huber Silk touch		
	Šířka nejužšího paprsku Siemensovy hvězdy [ $\mu\text{m}$ ]					
	40/3	45/3	54/3	40/3	45/3	54/3
	382	348	249	364	340	298
	378	352	263	373	345	256
	369	352	274	376	321	242
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	376	350	262	371	335	265
Hustota sítě [lpcm]	27	29	38	27	30	38

Tabulka 16: Měření rozlišení Siemensovou hvězdou na OTK válci pro laky od firmy Siegwerk

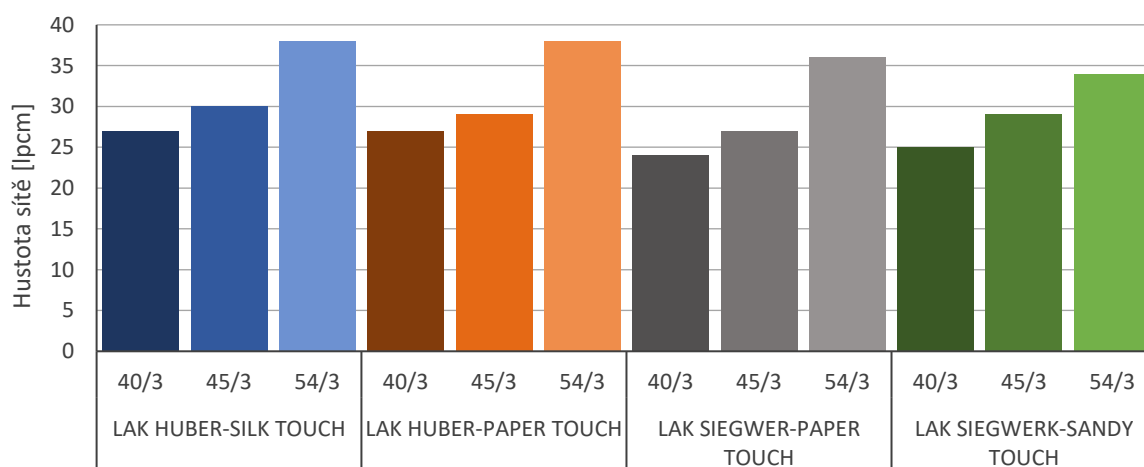
V2	Sierwerk-Paper touch			Siegwerk-Sandy touch		
	Šířka nejužšího paprsku Siemensovy hvězdy [ $\mu\text{m}$ ]					
	40/3	45/3	54/3	40/3	45/3	54/3
	429	347	285	417	338	272
	403	363	287	389	337	317
	402	394	270	417	368	289
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	412	368	281	407	348	292
Hustota sítě [lpcm]	24	27	36	25	29	34

Tabulka 17: Měření rozlišení Siemensovou hvězdou na GRT válci pro laky od firmy Huber

V1	Huber-Paper touch			Huber Silk touch		
	Průměr středu Siemensovy hvězdy/poloměr středu Siemensovy hvězdy[ $\mu\text{m}$ ]					
	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$
	871	990	1163	912	610	643
	672	1109	1632	915	913	1217
	882	1303	1547	731	1335	1130
	–	–	–	594	1313	1181
	–	–	–	1016	1193	997
	–	–	–	976	792	747
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>808</b>	<b>1134</b>	<b>1447</b>	<b>1714</b>	<b>2052</b>	<b>1972</b>
<b>Hustota sítě [lpcm]</b>	<b>236</b>	<b>168</b>	<b>132</b>	<b>111</b>	<b>93</b>	<b>97</b>

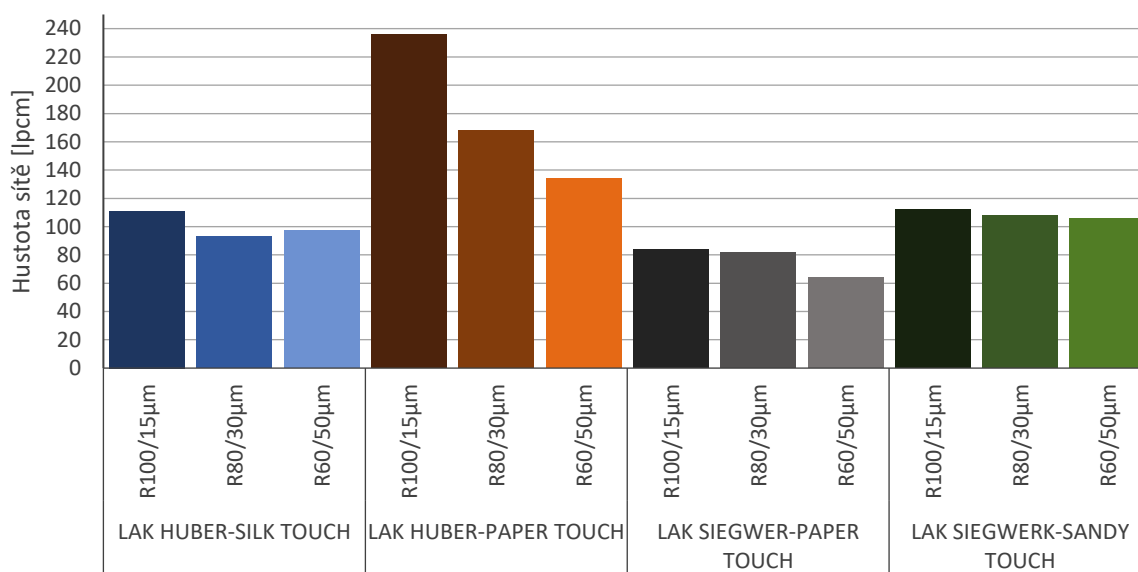
Tabulka 18: Měření rozlišení Siemensovou hvězdou na GRT válci pro laky od firmy Siegwark

V1	Sierwerk-Paper touch			Siegwerk-Sandy touch		
	Průměr středu Siemensovy hvězdy/poloměr středu Siemensovy hvězdy[ $\mu\text{m}$ ]					
	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$
	1437	1494	748	1856	1914	1992
	1380	1271	1498	1521	1464	1484
	827	632	1820	1743	1937	1945
	773	881	1901	–	–	–
	1223	1482	748	–	–	–
	1171	1239	1498	–	–	–
<b>Průměr [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>1904</b>	<b>2333</b>	<b>2983</b>	<b>1707</b>	<b>1772</b>	<b>1807</b>
<b>Hustota sítě [lpcm]</b>	<b>84</b>	<b>82</b>	<b>64</b>	<b>112</b>	<b>108</b>	<b>106</b>



Obrázek 10: Hustota sítě stanovovaná na válci OTK

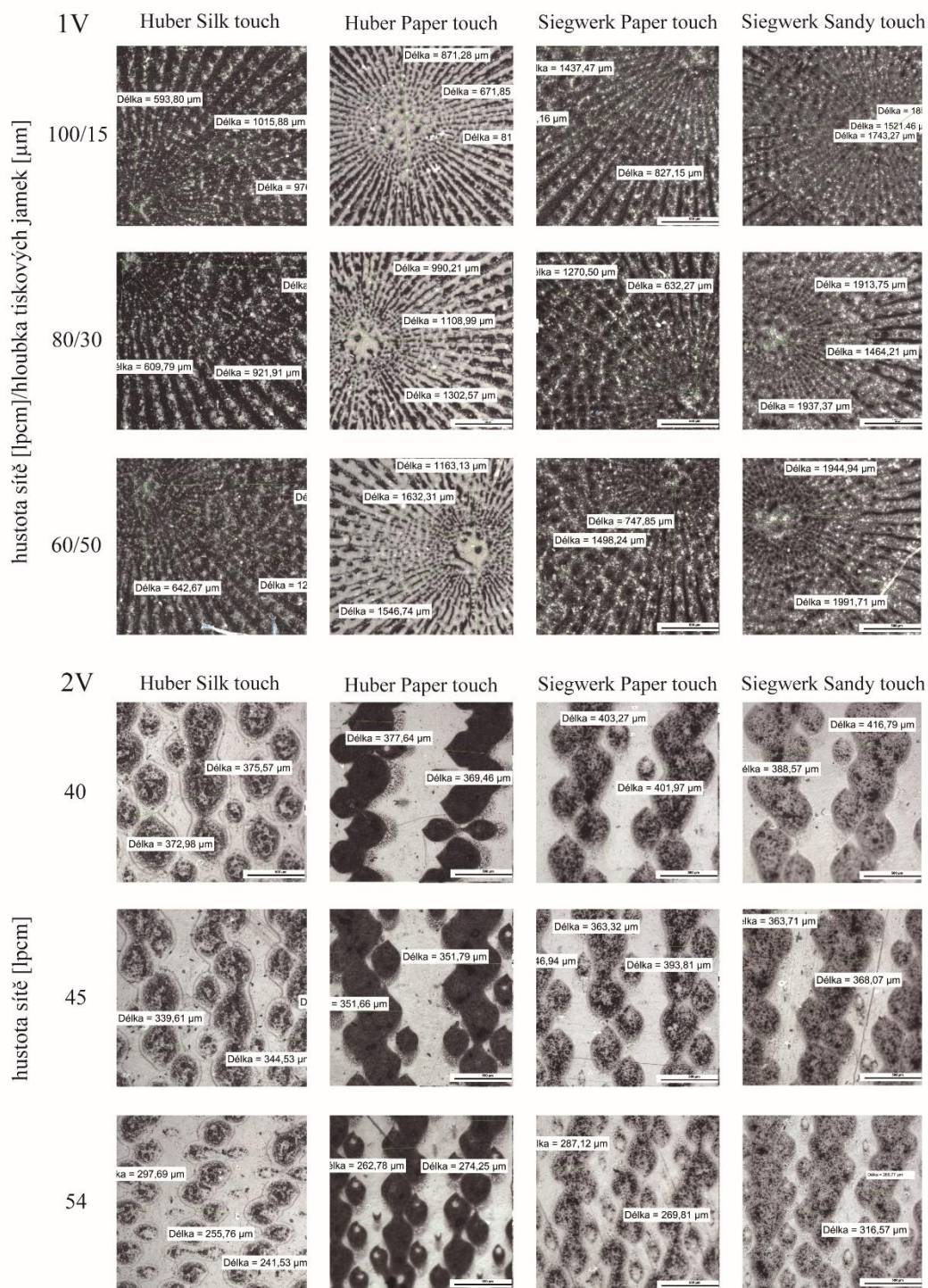
Při měření na válci OTK nastala komplikace. Z důvodu nízké lineatury a uspořádání tiskových bodů a při zvětšení mikroskopu nebylo možné proměřit hustotu sítě tisku na válci OTK za pomoci Siemensovy hvězdy stejným způsobem jako u dalších vzorků. Proto byl využit postup popisovaný výše, přes nejtenčí šířku paprsku. Z tohoto měření můžeme pak usoudit, že laky vykazovaly přibližně stejnou hustotu sítě v rámci válce OTK. S ohledem na referenční hodnoty ovšem došlo k velkému poklesu u všech hodnot až o 15 lpcm.



Obrázek 11: Hustota sítě stanovována metodou Siemensovy hvězdy na válci GRT

V porovnání rozlišení obou válců je již z grafů patrné, že válec GRT poskytuje o dost vyšší rozlišení než válec OTK, což je logickým úkazem při faktu, že tento válec byl vytvořen s vyšší hustotou sítě.

## Siemensova hvězda



Obrázek 12: Měření hustoty sítě Siemensovou hvězdou

## 2.10 Tvar a struktura tiskových bodů

Tabulka 19: Měření geometrických charakteristik laků od výrobce Huber na OTK válci

V2	Huber-Paper touch			Huber Silk touch		
	40/3	45/3	54/3	40/3	45/3	54/3
Úhel [°]	47	48	42	–	–	–
Šířka s bodem [μm]	664	576	524	–	–	–
Šířka linky [μm]	356	349	526	720	641	562

Tabulka 20: Měření geometrických charakteristik laků od výrobce Siegwerk na OTK válci

V2	Siegwerk-Paper touch			Siegwerk-Sandy touch		
	40/3	45/3	54/3	40/3	45/3	54/3
Úhel [°]	–	–	–	–	–	–
Šířka s bodem [μm]	–	–	579	–	708	–
Šířka linky [μm]	689	612	542	687	630	578

Z důvodu příliš nízké viskozity laků, která způsobila celkové rozostření a slití tiskových bodů, nemohly být některé hodnoty náležitě proměřeny. (Tento problém je názorný na obrázkové matici níže.) Výjimkou je opět lak Huber Paper touch, u kterého bylo možné naměřit všechny náležité hodnoty.

Z hlediska naměřených rycích úhlů není možné porovnávat velké množství hodnot. Proto by teoreticky rycí úhly měly dosahovat stejných hodnot, a to hodnot rycího úhlu pro žlutou barvu označovaný jako rycí úhel 3. To je v rámci určité odchylky měření i splněno.

Další porovnání náleží šířce samotné linky s šířkou linky s postranním tiskovým bodem. Tento postranní tiskový bod zapadající přesně do části k vnitřnímu výkrojků tištěné linky, který sice linku opticky zbavuje částečně tvorby zubatých okrajů, ale také dochází k optickému nasílení linky.

Nejširší a zároveň nejhůře reprodukovanou linkou byla linka tištěná lakem Huber Silk touch. Lze pozorovat opravdu silné rozlité tiskových bodů způsobené nízkou viskozitou při reprodukcí. Tento problém pronásleduje v menší míře i pro lak Siegwerk Paper touch. U laku Siegwerk Sandy touch pak je pozorováno podobné nasílení jako druhého laku od firmy Siegwerk, ale při pohledu na měřené linky lze zaznamenat větší ostrost okrajů jak linek, tak postranních tiskových bodů.

Tabulka 21: Měření geometrických charakteristik laků od výrobce Huber na GRT válci

V1	Huber-Paper touch			Huber Silk touch		
	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$
Šířka linky [ $\mu\text{m}$ ]	520	516	535	553	545	557
	516	524	535	543	531	549
	510	522	532	541	554	564
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	515	521	534	546	543	557

Tabulka 22: Měření geometrických charakteristik laků od výrobce Siegwerk na GRT válci

V1	Siegwerk-Paper touch			Siegwerk-Sandy touch		
	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$	R100/15 $\mu\text{m}$	R80/30 $\mu\text{m}$	R60/50 $\mu\text{m}$
Šířka linky [ $\mu\text{m}$ ]	533	554	547	551	543	574
	558	545	526	547	549	543
	555	531	539	547	558	574
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	549	543	537	548	550	564

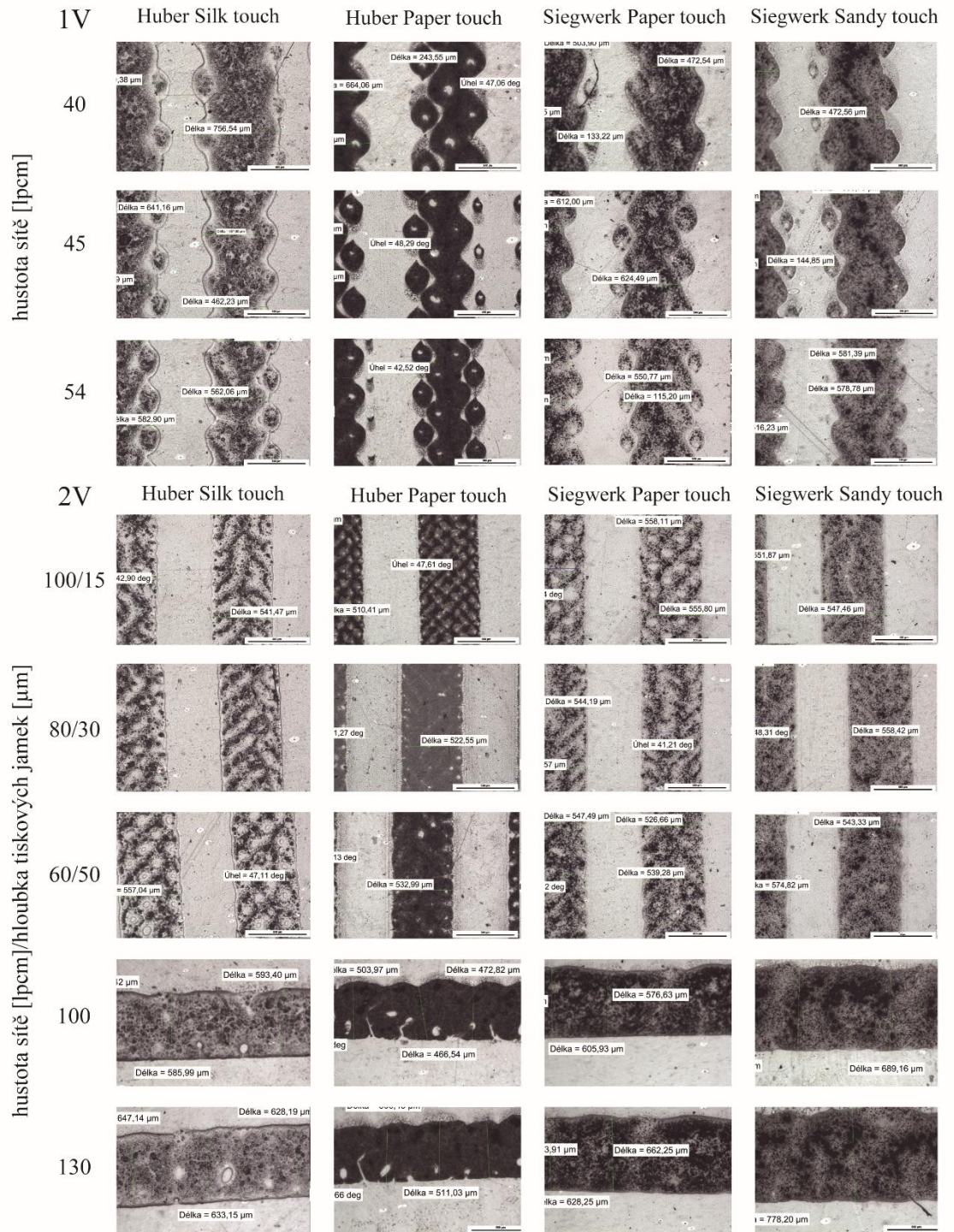
Tabulka 23: Měření geometrických charakteristik laků na GRT válci o hloubkách jamek 100 a 130  $\mu\text{m}$

V1	100 $\mu\text{m}$				130 $\mu\text{m}$			
	HP	HS	SP	SS	HP	HS	SP	SS
Šířka linky [ $\mu\text{m}$ ]	472	585	605	689	506	633	628	778
	466	593	576	731	502	628	662	804
	503	581	604	693	511	647	633	778
Průměr [ $\mu\text{m}$ ]	480	586	595	704	506	636	641	787

V tomto měření již nebyly zaznamenány hodnoty úhlů natočení sítě, jelikož v linkách nejsou tak dobře rozpoznatelné tiskové body a natočení sítě, aby byly zaznamenány bez velké odchylky měření.

Všechny laky obecně (v hodnotách hloubky jamek 15, 30 a 50  $\mu\text{m}$ ) nejevily markantní nárůst šířky reprodukované linky. I přesto, že byly k tisku využity laky o stejné konzistenci. Přílišnému rozliti zabráňovala kombinace vyšší hustoty sítě a hloubky tiskových bodů, kde lze předpokládat, že čím je hloubka jamky menší, tím také je přenesené nižší množství laku a tiskový bod v menším množství laku nebude z důvodu nízké viskozity tolik náchylný k nárůstu. V tabulce č. 23 je pak pozorovatelný opět nárůst šířky vytvořený velkým množstvím přenášeného laku společně s nízkou viskozitou. Nejlepší hodnoty si opět uchovává lak Huber Paper touch díky vyšší konzistenci při tisku.

## Tvary a struktura



Obrázek 13: Vyhodnocování tvaru a struktury



### 3 Závěr

Z výsledků měření nám vyplývá, laky firmy Siegwerk si vedly nejlépe v reprodukovatelné tloušťce laku a společně s laserem vypalovaným válcem od firmy GRT v hloubkách 130 a 100  $\mu\text{m}$  tvořily průměrnou výšku vrstvy až 15,5  $\mu\text{m}$ . V porovnání s nejvyšší vrstvou válce rytého diamantovým hrotem v OTK je tato hodnota až trojnásobná. Nejnižší hodnoty byly reprodukovány na GRT válci s hloubkou tiskových jamek 15, 30 a 50  $\mu\text{m}$ .

V rámci rozlišení byl opět na prvním místě válec GRT, což se dalo již předpokládat z uvedených technických parametrů obou formových válců. Použité laky neměly z hlediska dosaženého rozlišení tisku velký vliv na dosažené výsledky, až na lak Huber Paper touch na válci GRT, což bylo předpokládatelné vzhledem k tomu, že ostatní laky vykazovaly známky příliš nízké viskozity, což způsobovalo slévání tiskových bodů a nárůst rozměrů měřených linek.

Nejtenčí reprodukovatelná linka byla opět reprodukována na válci GRT a to v rozmezí 87–143  $\mu\text{m}$  dle parametrů přípravy tiskové formy. Mezi laky nebyl zásadní rozdíl. V případě, kdy by nastavená konzistence laku odpovídala tiskové rychlosti nátisku dalo by se pravděpodobně reprodukovat i linky o menších šířkách. Vezmeme-li v potaz měření nejmenší šířky paprsku na válci OTK u Siemensovy hvězdy, tak tento válec vytiskl nejtenčí linky v rozmezí 262–412  $\mu\text{m}$  v závislosti na referenční lineatuře a typu laku.

Z analýzy obrázků širokých linek pak vyplývá, že nízká viskozita nejvíce ovlivnila výsledky pro lak Huber Silk touch a Siegwerk Sandy touch. Linky těchto laků vykazují jen malý náznak rozeznatelnosti tiskových bodů. Naopak nejostřejší linky můžeme vidět pro lak Huber Paper touch, kde je i u nevyšších nánosů laku vidět naznačená struktura tiskových bodů a tvoří ostrý okraj.

Pro dosažení co nejlepšího výsledků z hlediska reliéfního tisku je nejlepším řešením válec GRT, kde je možné zvolit hloubku vypalování 130  $\mu\text{m}$  a zároveň vykazuje vysokou kvalitu rozlišení. Ve volbě správného laku byl měl rozhodovat poměr kvalita/reprodukovatelná výška vrstvy. Nejlepší hodnoty vykazoval lak Huber Paper touch o průměrné tloušťce nanesené vrstvy 7,9  $\mu\text{m}$  (hloubka 130 $\mu\text{m}$ ). Druhou možností je lak Siegwerk Paper touch, který nevykazoval tak dobré obrazové vlastnosti, ale jeho maximální reprodukovatelná tloušťka laku

byla téměř dvojnásobná.

Válec rytý v OTK je střední cestou a lze využít jeho vcelku dobré vlastnosti reprodukovatelné výšky bodů v mnoha aplikacích. Ovšem z důvodu nízké rozlišovací schopnosti by jej nebylo vhodné využít v oboru bezpečnostních aplikací.

V praxi by pak mohly laky být využívány jako bezpečnostní prvky, které by vykazovaly vysoký nános vrstvy společně s kombinací vhodného motivu, kde by kontrola pravosti probíhala hmatem. Tento prvek by pak sloužil pro kontrolu širokým okolím. Pro tento účel by se nejvíce hodily laky od firmy Siegwerk. Pro vyšší hmatový požitek by pak byl vhodný tisk z více tiskových jednotek, kdy by mohlo být docíleno násobného efektu tloušťky vrstvy.

V druhém případě by se dalo využít reprodukce jemných linek a struktur vytvořených na válci GRT, kde by lak nemusel vykazovat tak velkou vrstvu nánosu. Kontrola pravosti by byla možná za pomoci mikroskopu. V tomto případě by bylo nejideálnější využít lak, který jevil největší rozlišení, tedy Huber Paper touch.

## Použitá literatura

- [1] HEJDUK, Jiří. Hlubotisk. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. Polygrafické sešity. ISBN 80-7194-533-1.
- [2] KAPLANOVÁ, Marie. Moderní polygrafie. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2009. ISBN 978-80-254-4230-2.
- [3] SIENKIEWICZ, Alexander. A Comparative Analysis of the Latest Electromechanical Processes by Daetwyler & Hell Gravure Systems. 2005.
- [4] HEJDUK, Jiří a Veronika KRAVCOVÁ. Rozpoznávání hlubotisku. Packaging. 21(4), 16-21. ISSN 1211-9202.
- [5] Hlubotisk [online]. [cit. 2018-02-25]. OTK Group, Dostupné z: [www.otk.cz](http://www.otk.cz)
- [6] HEJDUK, Jiří. Tiskové a reprodukční techniky II: Zhotovení tiskové formy 7. Univerzita Pardubice.
- [7] LEACH, R. H. The Printing ink manual. 5th ed. New York: Blueprint, 1993. ISBN 0948905816.
- [8] HUDEČEK, Karel. Tiskové barvy na papír a ostatní materiály. Praha: SNTL, 1975. Knižnice Typografia
- [9] ŠALDA, Jaroslav a Ladislav SVOBODA. Prehľad polygrafie: učebný text pre stredné odborné učililštia a stredné školy pre pracujúcich, študijné učebné odbory polygrafické. Bratislava: Alfa, 1983. Edícia literatúry pre spotrebný priemysel (Alfa).
- [10] BLÁHA, Richard. Přehled polygrafie. Praha: SNTL, 1959. Řada polygrafické literatury.
- [11] ČSN EN ISO 1519:2011(67 3079). Nátěrové hmoty: Zkouška ohybem (na válcovém trnu). Praha: Úřad pro technickou normalizaci, 2011
- [12] Povrchové úpravy: Měřicí a zkušební technika pro výrobce i zpracovatele nátěrů (a jiných povlaků). 2009., Katalog. [online] 2009 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: [http://www.bickelwolf.cz/testovacipristroje/pdf/Katalog\\_ERICHSEN\\_Povrchoveupravy\\_CZ.pdf](http://www.bickelwolf.cz/testovacipristroje/pdf/Katalog_ERICHSEN_Povrchoveupravy_CZ.pdf).
- [13] ČSN EN ISO 1520:2006 (67 3081). Nátěrové hmoty: Zkouška hloubením. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [14] Kyvadlový test tvrdosti nátěru Persoz nebo König. 2014. [online] 2014 [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: <http://www.proinex.cz/>.
- [15] Metody termické analýzy: Diferenční kompenzační kalorimetrie. [online] 2014 [cit. 2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.materialsresearch.cz/cz/laboratore/laborator->

biokoloidu/termicka-analyza-akalorimetrie/metody-termicke-analyzy/.

- [16] ŠTĚPÁNKOVÁ E., Barva, její definice a barvové prostory. Brno: Chempoint, 2011. [online] 2011 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/barva-jeji-definice-a-barvove-prostory>.
- [17] DUDKOVÁ L., Matematické metody sledování kvality barevného tisku. Diplomová práce. Univerzita Palackého. Olomouc 2010
- [18] ČSN EN ISO 2409. Nátěrové hmoty: Mřížková zkouška. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- [19] LISKOVSÁ, Iveta. Studium fyzikálních vlastností přetiskových laků. Pardubice, 2014. Bakalářská práce. UNIVERZITA PARDUBICE FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ Katedra polygrafie a fotofyziky. Vedoucí práce Ing. Bohumilu Jašúrek, Ph.D.
- [20] VANĚČEK, Michal. Braillovo písmo na obaly termografií. Neviditelný pes: Lidovky [online]. 2006, [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: [http://neviditelnypes.lidovky.cz/veda-braillovo-pismo-na-obaly-termografii-fgt/p\\_veda.asp?c=A060606\\_132954\\_p\\_veda\\_wag](http://neviditelnypes.lidovky.cz/veda-braillovo-pismo-na-obaly-termografii-fgt/p_veda.asp?c=A060606_132954_p_veda_wag)
- [21] SURÁ, Alžběta. Kniha pro nevidomé. Zlín, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati. Vedoucí práce M. A. Bohuslav Stránský
- [22] DOLEŽAL, Ivan. Digitální lakovací stroje Scodix S. Svět tisku [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=7924&buxus\\_svettisku=](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=7924&buxus_svettisku=)
- [23] THOMA, Patrik. Sítotisk-technologie pro speciální efekty. Svět tisku [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=7192](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=7192)
- [24] DOLEŽAL, Ivan. Speciální stroje na tisk bankovek a cenin. Svět tisku [online]. [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=7374](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=7374)
- [25] DOLEŽAL, Ivan. Ochranné prvky českých bankovek. Svět tisku [online]. [cit. 2018.04.30]. Dostupné z: [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=3693](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=3693)
- [26] Centrum polymerních systémů: Profilometr mechanický a optický [online]. Centrum polymerních systémů, 2017 [cit. 2018.06.12]. Dostupné z: <http://cps.utb.cz/cs/eng/index.php/pistrojove-vybaveni/129-mikrotom-leica-rm2265>

- [27] Goerz gravurtechnik: Lasertechnique [online]. Amtsgericht Hamm: DE 813 852 496  
[cit. 2018-07-05]. Dostupné z: [www.goerz-gravurtechnik.de](http://www.goerz-gravurtechnik.de)
- [28] Siegwirk Druckfarben AG & Co. KGaA. Product information sheet: 10-617309-9  
NB 2K 20-28 LACQUER-SANDY TOUCH. 2017
- [29] Siegwirk Druckfarben AG & Co. KGaA. Product information sheet: 10-616904-8  
NB 2K 20-28 PAPERTOUCHE LAQUER-SUPERMATT. 2017
- [30] Huber Group. Technical Information: Gecko® 2 K Paper Touch Matt Varnish. 2015.
- [31] Huber Group. Technical Information: Gecko® Varnish Silk Touch. 2017.

# Seznamy

## Seznam obrázků

OBRÁZEK 1: TISKOVÁ JEDNOTKA HLUBOTISKOVÉHO STROJE .....	<b>CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.</b>
OBRÁZEK 2: SCHÉMA MĚDICÍ VANY .....	13
OBRÁZEK 3: VLEVO: TISK Z FORMY RYTÝ TRADIČNÍM ZPŮSOBEM; VPRAVO: TISK RYTÝ TECHNIKOU TRANSCRIBE [3] .....	15
OBRÁZEK 4: PROFILOMETREM DEKTAK XT .....	29
OBRÁZEK 5: PRŮMĚRNÁ TLOUŠŤKA VRSTVY LAKŮ TIŠTĚNÝCH NA FORMOVÉM VÁLCI Z OTK .....	37
OBRÁZEK 6: PRŮMĚRNÁ TLOUŠŤKA VRSTVY MĚŘENÝCH LAKŮ TIŠTĚNÝCH NA FORMOVÉM VÁLCI Z NĚMECKA .....	38
OBRÁZEK 7: NEJTENČÍ REPRODUKOVATELNÁ LINKA NA VÁLCI OTK .....	39
OBRÁZEK 8: NEJTENČÍ REPRODUKOVATELNÁ LINKA NA VÁLCI GRT .....	41
OBRÁZEK 9: NEJTENČÍ REPRODUKOVATELNÁ LINKA .....	42
OBRÁZEK 10: HUSTOTA SÍTĚ STANOVOVANÁ NA VÁLCI OTK .....	44
OBRÁZEK 11: HUSTOTA SÍTĚ STANOVOVÁNA METODOU SIEMENSOVY HVĚZDY NA VÁLCI GRT .....	45
OBRÁZEK 12: MĚŘENÍ HUSTOTY SÍTĚ SIEMENSOVOU HVĚZDOU .....	46
OBRÁZEK 13: VYHODNOCOVÁNÍ TVARU A STRUKTURY .....	49

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Měřené hodnoty konzistence laků výtokovým pohárkem ISO 40 mm .....	33
Tabulka 2: Technické parametry válce GRT .....	34
Tabulka 3: Profilometrické měření laku Huber-Paper touch tištěném na OTK válci .....	34
Tabulka 4: Profilometrické měření laku Huber-Paper touch tištěném na GRT válci .....	35
Tabulka 5: Profilometrické měření laku Huber-Silk touch tištěném na OTK válci .....	35
Tabulka 6: Profilometrické měření laku Huber-Silk touch tištěném na GRT válci .....	35
Tabulka 7: Profilometrické měření laku Siegwark-Paper touch tištěném na OTK válci .....	36
Tabulka 8: Profilometrické měření laku Siegwark-Paper touch tištěném na GRT válci .....	36
Tabulka 9: Profilometrické měření laku Siegwark-Sandy touch tištěném na OTK válci .....	37
Tabulka 10: Profilometrické měření laku Siegwark-Sandy touch tištěném na GRT válci .....	37
Tabulka 11: Měření nejtenčí reprodukovatelné linky na OTK válci pro laky od firmy Huber .....	39
Tabulka 12: Měření nejtenčí reprodukovatelné linky na OTK válci pro laky od firmy Siegwark .....	39
Tabulka 13: Měření nejtenčí reprodukovatelné linky na GRT válci pro laky od firmy Huber .....	40
Tabulka 14: Měření nejtenčí reprodukovatelné linky na GRT válci pro laky od firmy Siegwark .....	40
Tabulka 15: Měření rozlišení Siemensovou hvězdou na OTK válci pro laky od firmy Huber .....	43
Tabulka 16: Měření rozlišení Siemensovou hvězdou na OTK válci pro laky od firmy Siegwark .....	43
Tabulka 17: Měření rozlišení Siemensovou hvězdou na GRT válci pro laky od firmy Huber .....	44
Tabulka 18: Měření rozlišení Siemensovou hvězdou na GRT válci pro laky od firmy Siegwark .....	44
Tabulka 19: Měření geometrických charakteristik laků od výrobce Huber na OTK válci .....	47
Tabulka 20: Měření geometrických charakteristik laků od výrobce Siegwark na OTK válci .....	47
Tabulka 21: Měření geometrických charakteristik laků od výrobce Huber na GRT válci .....	48
Tabulka 22: Měření geometrických charakteristik laků od výrobce Siegwark na GRT válci .....	48
Tabulka 23: Měření geometrických charakteristik laků na GRT válci o hloubkách jamek 100 a 130 $\mu\text{m}$ .....	48