UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ
KATEDRA POLYGRAFIE A FOTOFYZIKY

HUV TECHNOLOGIE

Nikola Řezáčová

Bakalářská práce

2017

UNIVERSITY OF PARDUBICE
FACULTY OF CHEMICAL TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF GRAPHIC ART AND PHOTOPHYSICS

HUV TECHNOLOGY

Nikola Řezáčová

Bachelor's thesis

2017

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: **2016/2017**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Nikola Řezáčová**
Osobní číslo:	**C13226**
Studijní program:	**B3441 Polygrafie**
Studijní obor:	**Polygrafie**
Název tématu:	**Technologie HUV**
Zadávající katedra:	**Katedra polygrafie a fotofyziky**

Zásady pro vypracování:

1. Na základě studia odborné literatury se podrobně seznamte s problematikou vytvrzování barev a laků UV zářením a to zejména se zaměřením na HUV technologii.
2. Zpracujte ucelený text zabývající se problematikou tisku a vytvrzování barev/laků pomocí HUV technologie, zmapujte vývoj v této oblasti a porovnejte technologii tisku konvenčními UV barvami s technologií HUV (z pohledu technologického i ekonomického).
3. Proveďte průzkum trhu výrobců barev dodávajících barvy vhodné pro tisk HUV technologií.
4. Získané výsledky analyzujte a souhrnně zpracujte ve formě závěrečné písemné práce.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

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

Datum zadání bakalářské práce: **28. února 2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. července 2017**

L.S.

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

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

V Pardubicích dne 28. února 2017

Prohlašuji:

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

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

V Pardubicích dne 20. 6. 2017

Nikola Řezáčová

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Bohumilu Jašúrkovi, Ph.D., za odborné vedení, věcné rady, vstřícnost a trpělivost při vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat vedoucímu předtiskové přípravy a tisku, tiskárny H.R.G., panu Ondřeji Lukášovi, za užitečné rady, pomoc a ochotu při shánění materiálů. V neposlední řadě poděkování patří i mé rodině, především mamince za finanční a zejména psychickou podporu v průběhu celého studia.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se zabývá H-UV tiskovou technologií. Je v ní popsán princip samotné H-UV technologie, používané barvy, zdroje UV záření a princip vytvrzování tiskových UV barev. Dále jsou popsány i technologie pracující na podobném principu (LE-UV, HR-UV, LEC-UV). H-UV technologie je také porovnána s konvenční UV tiskovou technologií, kde jsou uvedeny výhody i nevýhody těchto technologií. V závěrů je provedeno porovnání nákladů konvenčního ofsetového tisku a H-UV tiskové technologie.

Klíčová slova: ofsetový tisk, UV technologie, UV barvy, H-UV technologie

ANNOTATION

This bachelor thesis deals with the H-UV printing technology. It describes the principle itself of the H-UV technology, the printing inks used, the sources of UV radiation and the principle of the curing of UV printing inks. Further are also described technology operating on a similar principle (LE-UV, HR-UV, LEC-UV). H-UV technology is also compared with the conventional UV printing technology, where there are listed advantages and disadvantages these technologies. In the conclusion is done comparing the costs of conventional offset printing and H-UV printing technology.

Keywords: offset, UV technology, UV inks, H-UV technology

OBSAH

ÚVOD 12

1 Teoretická část 18

1.1 Tiskové barvy 13

1.2 Složení tiskových barev 13

1.2.1 Ofsetové tiskové barvy 14

1.2.2 Konvenční ofsetové tiskové barvy 14

1.2.3 UV zářením tvrditelné tiskové barvy 15

1.2.4 Vysoce reaktivní UV zářením tvrditelné tiskové barvy 16

1.3 Způsoby zasychání/vytvrzování tiskových barev 17

1.3.1 Vytvrzování tiskových barev UV zářením 18

1.3.1.1 Radikálová polymerace 18

1.3.1.2 Kationtová polymerace 21

1.4 Zdroje UV záření 21

1.4.1 Středotlaké rtuťové výbojky 21

1.4.2 Středotlaké rtuťové výbojky dopované kovy 22

1.5 Ozon a jeho negativní vlivy 23

1.6 Vývoj v oblasti ofsetového tisku s vytvrzováním pomocí UV záření 24

1.6.1 H-UV tisková technologie 25

1.6.2 LE-UV, HR-UV, LEC-UV tiskové technologie 28

1.7 Instalace vybraných UV, H-UV a obdobných tiskových strojů v ČR 29

2 Praktické zkušenosti s technologií H-UV v tiskárně H.R.G. 31

2.1 Tiskový stroj 31

2.2 Tiskové barvy 32

2.3 UV zdroj záření – středotlaká rtuťová výbojka dopovaná železem 33

2.4 Ekonomické srovnání provozu 35

2.4.1 Porovnání nákladů 35

2.4.2 Porovnávané tiskové stroje 35
2.4.2.1 Konvenční ofsetový tiskový stroj 35
2.4.2.2 H-UV tiskový stroj 35
2.4.3 Celkové porovnání technologií 41
3 Závěr 43
Použitá literatura 45

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1 – Schéma jednotlivých reakčních kroků radikálové polymerace [14] 20
Obrázek 2 – Emisní spektrum výbojek – středotlaká rtuťová výbojka (vlevo), středotlaká rtuťová výbojka dopovaná železem (vpravo). [12].....23
Obrázek 3 – Vyzařování výbojek používaných u UV a H-UV technologie v různých oblastech spektra [21] 28
Obrázek 4 – Fotografie H-UV tiskového stroje tiskárny H.R.G. 31
Obrázek 5 – Fotografie ovládacího pultu H-UV tiskového stroje tiskárny H.R.G.....31
Obrázek 6 – Fotografie (vlevo) umístění zdroje UV záření v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. (v první pozici), fotografie (vpravo) umístění zdroje UV záření v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. (v první pozici) - detail.....33
Obrázek 7 – Fotografie (vlevo) umístění zdroje UV záření v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. (v druhé pozici), fotografie (vpravo) umístění zdroje UV záření v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. (v druhé pozici) - detail 34
Obrázek 8 – Fotografie (vlevo) celého zdroje UV záření (modulu) v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G., fotografie (vpravo) dopované středotlaké rtuťové výbojky v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. 34

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1– Typické složení tiskových barev [2].....13
Tabulka 2 – Typické složení UV zářením tvrditelných tiskových barev [5].....15
Tabulka 3 – Parametry pro porovnání režijních nákladů a výrobní kapacity.....36
Tabulka 4 – Počet průjezdů 36
Tabulka 5 – Porovnání ceny tiskových desek.....37
Tabulka 6 – Porovnání ceny vývojky 37
Tabulka 7 – Porovnání ceny konzervační gumy.....37
Tabulka 8 – Porovnání ceny tiskových gum.....38
Tabulka 9 – Porovnání ceny tiskových barev.....38
Tabulka 10 – Porovnání ceny disperzního laku.....38
Tabulka 11 – Porovnání ceny IPA.....39
Tabulka 12 – Porovnání ceny stabilizátorů vlhčení.....39
Tabulka 13 – Porovnání ceny poprašovacího pudru.....39

Tabulka 14 – Porovnání ceny spotřeby energie 40
Tabulka 15 – Porovnání ceny UV zdroje záření 40
Tabulka 16 – Porovnání ceny mycí chemie 40
Tabulka 17 – Vyhodnocení provozních nákladů 41

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CMYK	azurová (C), purpurová (M), žlutá (Y), černá (K)
H-UV	technologie tisku vysoce citlivými UV barvami od firmy Komori (high sensitive UV inks)
HR-UV	technologie tisku vysoce reaktivními UV barvami od firmy KBA (highly reactive UV inks)
IČ	infračervené záření (Infrared radiation)
IPA	isopropylalkohol
LE-UV	technologie tisku nízkoenergetickými UV barvami od firmy Heidelberg (low energy UV inks)
LEC-UV	technologie tisku nízkoenergetickými UV barvami od firmy manroland (low energy curing UV inks)
UV	ultrafialové záření (Ultraviolet radiation)
UV–A	oblast ultrafialového záření (315–380 nm)
UV–B	oblast ultrafialového záření (280–315 nm)
UV–C	oblast ultrafialového záření (100–280 nm)
VIS	viditelné světlo (Visible light)
VOC	těkavá organická sloučenina (volatile organic compound)

ÚVOD

V polygrafickém průmyslu je stále jednou z nejvyužívanějších tiskových technik ofsetový tisk. Čím dál více je využíván tisk UV barvami, kde se jako zdroj UV záření používá nejčastěji středotlakých rtuťových výbojek. Díky okamžitému vytvrzení tiskových barev pomocí UV záření, odpadá tvorba neproduktivního času, který je u konvenčního ofsetového tisku způsobený nutnou dobou potřebnou pro zaschnutí, tzv. oxypolymerací. Tiskne se tzv. mokrá do suché, tzn., že rtuťová výbojka je umístěna za každým tiskovým agregátem, která svým zářením zahajuje fotopolymeraci nanesené vrstvy tiskové barvy. Finální tvrzení probíhá podobně jako u konvenčního tiskového stroje ve vykladači, kde je umístěna závěrečná výbojka. Velkou nevýhodou je investiční náročnost při pořizování, dále také vyšší provozní náklady spojené s vyšší cenou samotných tiskových barev a zejména vysoká energetická náročnost. Ta je způsobena především tím, že UV zdroje záření potřebují poměrně velký výkon na dostatečné vytvrzení barev.

V roce 2009 přišla firma Komori ve spolupráci s Toyo Ink Manufacturing s novým řešením, technologií, kterou nazvala H-UV. Ta využívá vysoce reaktivních tiskových UV barev a středotlaké rtuťové výbojky dopované železem. Hlavní výhodou a důvodem velké ekonomické úspory, oproti konvenčnímu UV tisku je skutečnost, že tiskové stroje Komori, jsou díky upravenému iniciačnímu systému barev opatřeny pouze jednou nebo dvěma výbojkami, dle počtu tiskových jednotek. Není tedy třeba vytvrzovat každou barvu zvlášť, jako je tomu u konvenčního UV tisku. Jedná se tedy o nízko energetický tisk. Oproti běžně používaným rtuťovým výbojkám mají rtuťově výbojky dopované železem snížené vyzařování v oblasti pod 250 nm, čímž je snížena tvorba ozonu. Dále také vyzařují méně v IČ oblasti, což snižuje ohřev potiskovaného substrátu.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Tiskové barvy

Úlohou tiskové barvy je vytvořit na povrchu potiskovaného materiálu vizuálně vnímatelnou informaci viditelnou po celou dobu životnosti tiskoviny. Tisková barva musí být transportovatelná přes tiskový stroj, tedy od zásobníku přes barevník, tiskovou formu, až po potiskovaný materiál. Části tiskového stroje jsou pro jednotlivé techniky specifické. Podmínkou transportu je smáčení tiskové barvy, lepivost vůči přenosovým plochám tiskového stroje a potiskovanému substrátu a štěpitelnost v kontaktních plochách. Cílem je na potiskovaném materiálu vytvořit co nejrychleji suchý, nelepivý film s dobrou adhezí k podkladu, mechanickou i chemickou odolností. [1]

Tiskové barvy, mají v závislosti na typu technologie tisku variabilní tokové vlastnosti. Pohybují se od nízko viskózních, přes pastózní a suché barvy, až po práškové tonery. Typ sušení/fixace barvy na substrátu a mechanismus přenosu barvy je dán jejím složením.

1.2 Složení tiskových barev

Tiskové barvy jsou zjednodušeně složeny ze dvou komponent. Z barvotvorné složky (tj. pigmentu nebo barviva) a pojidla – kapaliny, ve které je barvotvorná látka rozptýlena nebo rozpuštěna. [2] Typické složení tiskových barev udává Tabulka 1.

Tabulka 1 *– Typické složení tiskových barev [2]*

barvotvorné látky
filmotvorné látky
rozpouštědla, ředidla
aditiva

1.2.1 Ofsetové tiskové barvy

Ofsetové tiskové barvy jsou pastózní, vykazují pseudoplastické a tixotropní chování. Mají ze všech tiskových technik nejnižší tloušťku přeneseného barvového filmu (suchý film 0,7–2 μm). [3] Je to způsobeno nízkou přenosovou kapacitou tiskové formy pro tisk z plochy a nepřímou technikou přenosu barvy prostřednictvím ofsetového válce na potiskovaný materiál. Vzhledem k tenkému filmu, musí být ofsetové barvy poměrně silně pigmentované. [3]

S ohledem na jejich široké využití se dělí do několika kategorií. Jedním ze základních rozdělení ofsetových tiskových barev je na ofsetové barvy konvenční a na UV zářením tvrditelné. Jedním z mnoha dalších parametrů, selektující tiskové barvy do různých kategorií, je jejich rozdělení na cold-set a heat-set ofsetové barvy. [1] Cold-set zasychají při pokojové teplotě převážně penetrací minerálních olejů do papíru, využívají se například u novinového tisku. Heat-set tiskové barvy zasychají za zvýšené teploty (IČ záření, horký vzduch) a využívají se zejména pro tisk časopisů, brožur, katalogů atd., tedy na potisk natíraných, méně porézních materiálů. [2]

1.2.2 Konvenční ofsetové tiskové barvy

Konvenční ofsetové tiskové barvy zasychají za pomoci vzdušného kyslíku, tedy tzv. oxypolymerací, což je dáno jejich složením. [2] Základními komponenty těchto barev jsou pigmenty, filmotvorné látky, rozpouštědla a aditiva. Hlavní složkou, umožňující oxypolymeraci jsou filmotvorné látky. Jedná se o rostlinné oleje a alkydové pryskyřice (20–30 %), které dobře smáčí pigmenty a dávají barvové vrstvě pružnost. Dále tvrdé pryskyřice (20–25 %), které zvyšují viskozitu barvy a po zaschnutí vytvoří tvrdý film. Jde o chemicky upravenou tvrzenou kalafunu a její estery nebo maleinátové pryskyřice. Jako rozpouštědla (20–25 %) se používají minerální oleje s vysokým bodem varu (200–400 °C) a nevysychavé rostlinné oleje. Aditiva (5–10 %) jsou např. sušidla, katalyzující zasychání vysychavých olejů, antioxidanty zabraňující předčasnému zasychání barev či vosky, zlepšující odolnost barvové vrstvy. Zbylé procentuální zastoupení (15–25 %), tvoří pigmenty. [4]

Tiskové archy, které jsou potištěny konvenčními ofsetovými barvami, jsou ve vykladači poprašovány. Je to proto, aby se předešlo tzv. obtahování a to tak, že částice zabraňují přímému kontaktu téměř zaschnutých archů. [3]

1.2.3 UV zářením tvrditelné tiskové barvy

Tiskové barvy tvrditelné za pomoci ultrafialového záření jsou zcela jiného složení, nežli konvenční ofsetové tiskové barvy. Složkami těchto barev jsou fotoiniciátory, oligomery, monomery, pigmenty a aditiva. [2]

Pojivy těchto barev jsou monomery a oligomery, rozpouštědly nízko-viskózní monomery. Formulace obsahují dva typy monomerů, jednofunkční, využívané především pro úpravu reologických vlastností a dvou nebo více funkční reaktivní monomery, které mají více reakčních míst a vytváří vazby mezi oligomery a dalšími molekulami, čímž vzniká polymerní síť. Oligomery mají vyšší viskozitu a jsou hlavním nositelem mechanických a užitných vlastností vytvrzeného barvového filmu. [2] Epoxyakryláty poskytují tvrdou vrstvu a rychlé vytvrzení, dobré smáčení pigmentů zajišťují polyesterakryláty. Urethanakryláty zvyšují odolnost vůči oděru a pružnost vytvrzené vrstvy. [3] Mezi aditiva řadíme např. stabilizátory fungující jako lapače volných radikálů, které zabraňující gelaci tiskové barvy. Lapače kyslíku zabraňují zhášení fotoiniciované polymerace vzdušným kyslíkem. Další aditiva mohou zlepšovat adhezi či zvyšovat lesk apod. [5] Typické složení UV zářením tvrditelných barev a podíl složek formulace udává Tabulka 2.

Tabulka 2 – *Typické složení UV zářením tvrditelných tiskových barev [5]*

složka formulace	**podíl v hm. %**
Pigmenty	15–25
Oligomery	40–60
Monomery	10–20
Fotoiniciátory	3–8
Aditiva	0,1–3

Barvy vytvrzované UV zářením, jsou v dnešní době velmi využívány, a to především díky vysoké produkční rychlosti a efektivitě využití energie při vytvrzování. Dalším důvodem je to, že nedochází k uvolňovaní VOC (volatile organic compoud), tedy těkavých organických sloučenin do ovzduší, jelikož jejich podíl je v těchto látkách velmi malý nebo nulový. Velkou výhodou je také vysoký lesk vytvrzeného barevného filmu a jeho mechanická a chemická odolnost. [3]

Nevýhodou je vysoká pořizovací cena a inhibice vytvrzovacího procesu vzdušným kyslíkem u radikálového mechanismu, jejímž řešením může být vytvrzování za přítomnosti inertního plynu (např. N_2). Dále také citlivost na vlhkost prostředí a bazické látky u kationtového mechanismu. [3]

Hlavní výhodou těchto barev, je možnost okamžitého zpracování bezprostředně po tisku, zatímco konvenční ofsetové tiskové barvy po tisku zasychají ještě několik hodin. Rychlost vytvrzení souvisí i s penetrací tiskové barvy do papíru. Zatímco u konvenčních tiskových barev bývá větší v důsledku několikahodinového schnutí. U UV zářením vytvrzovaných barev bývá menší, díky rychlosti vytvrzení, která nadměrné penetraci zabraňuje. To má za následek i nižší spotřebu barvy. Další výhodou je i možnost využití širokého spektra potiskovaných materiálů. Toto spektrum se rozšířilo především do oblasti nesavých materiálů. Tím, že nedochází k odpařování rozpouštědel, zůstává na substrátu téměř 100 % tiskové barvy. [3]

Cena procesních, UV zářením tvrditelných barev, se pohybuje okolo 300 Kč/kg. UV zářením tvrditelné tiskové barvy Pantone stojí 400–800 Kč/kg. [6]

1.2.4 Vysoce reaktivní UV zářením tvrditelné tiskové barvy

Jedná se o relativně nový typ UV zářením tvrditelných barev, které je možno vytvrzovat menším počtem rtuťových výbojek (barvy pro technologie H-UV, LE-UV, LEC-UV, atd. – podrobněji viz kapitoly 1.6.1 a 1.6.2).

Vysoká reaktivita tiskových barev je dána jejich formulací. Fotoiniciační systém je přizpůsoben spektru vyzařování rtuťových výbojek, které jsou dopovány železem. Spektrum, je oproti klasickým rtuťovým výbojkám posunuto v UV oblasti k delším vlnovým délkám a v UV–C oblasti (zejména pod 250 nm) vyzařují minimum energie, díky čemuž je

eliminována tvorba ozonu a odpadá potřeba jeho odsávání. Vyzařování v oblasti nad 450 nm je také omezeno, což je spojeno s nižší emisí v IČ oblasti. [7] Rtuťové výbojky dopované železem díky tomu generují méně tepla a tím je možné využití i materiálů, náchylných k vyšším teplotám (např. polymerní fólie). V důsledku optimalizace iniciačního systému vysoce reaktivních UV barev a použití rtuťové výbojky dopované železem, je možné vytvrdit nános čtyř barev (C, M, Y, K) najednou. V tiskovém stroji tedy není zdroj UV záření za každým tiskovým agregátem jako u běžných UV zářením tvrditelných barev a tiskne se tedy tzv. mokrá do mokré. [8] Po ozáření jsou barvy okamžitě suché, tudíž odpadá potřeba poprašování. I to je další výhodou, jelikož poprašování snižuje kvalitu tisku, zanáší prostory tiskárny a při tisku na obracení i potahy válců.

Ceny procesních, vysoce reaktivních UV barev, se obecně pohybují od 400 Kč/kg do 480 Kč/kg. [9] Vysoce reaktivní tiskové barvy Pantone, metalické, aj., jsou několikanásobně dražší, mohou stát až 1 300 Kč/kg. [6] Z toho důvodu, je v tiskárnách při tisku H-UV technologií, nejvíce využíváno procesních tiskových barev. Ceny tiskových barev jsou pro různé tiskárny velmi individuální, a to v závislosti na odebraném množství či dlouhodobých vztazích mezi tiskárnou a dodavatelem. [9]

1.3 Způsoby zasychání/vytvrzování tiskových barev

Zasychání tiskových barev probíhá fyzikálními a chemickými procesy nebo jejich kombinací, záleží zejména na složení tiskové barvy, typu potiskovaného substrátu a požadavcích na výsledné vlastnosti barvové vrstvy. [1] Při čistě fyzikálních mechanismech schnutí nedochází k chemickým proměnám pojiva, ale jen k odstranění rozpouštědla z natištěného filmu buďto odpařením nebo penetrací do struktury porézního potiskovaného materiálu. [3] K chemickým procesům zasychání, resp. vytvrzování barvových filmů patří hlavně oxypolymerace a vytvrzování UV zářením. Tyto dvě metody, jsou pro konvenční ofsetový tisk a ofsetový tisk využívající UV zářením tvrditelné barvy stěžejní.

Jelikož se tato bakalářská práce zabývá především H-UV technologií, která využívá UV zdrojů záření k vytvrzení barev, bude dále popsáno pouze vytvrzování tiskových barev pomocí ultrafialového záření.

1.3.1 Vytvrzování tiskových barev UV zářením

UV zářením tvrditelné tiskové barvy dělíme na radikálově a kationtově polymerující dle toho, zda má polymeraci zahajující částice radikálovou nebo iontovou povahu. U radikálové polymerace je barvová vrstva po expozici UV zářením ihned vytvrzena. U kationtové dojde k vytvrzení a získání finálních mechanických vlastností zhruba až po 24 hodinách. [10] Proto se v polygrafii využívá spíše radikálově polymerujících UV barev.

Aby došlo k rozpadu molekuly iniciátoru za vzniku radikálů nebo iontů, musí získat vyšší množství energie, než má její chemická vazba. Také musí být splněny podmínky zákonu fotochemické ekvivalence. Tento zákon říká, že fotochemickou reakci molekuly může způsobit jen takové záření, které molekula absorbuje. Tzn., emisní spektrum zdroje záření, se musí překrývat s absorpčním spektrem molekuly fotoiniciátoru. [5]

Proces vytvrzování UV barev a laků se zakládá na kopolymeraci reaktivních oligomerů s monomery, které jsou složkami formulace. Funkční složkou, zahajující polymerační reakci barvové vrstvy po absorpci záření jsou tedy fotoiniciátory, které se rozpadají na již zmíněné reaktivní částice (radikály nebo ionty), které způsobují zesítění monomerů a oligomerů. [2] Propagace polymerace vede rychlým opakováním připojováním molekul monomerů a reaktivních oligomerů k tvorbě vysokomolekulárních řetězců, které si zachovávají radikálový, resp. iontový charakter. Růst těchto řetězců končí terminací, a to buď rekombinací, disproporcionací nebo transferem (viz kapitola 1.3.1.1. a Obrázek 1). [11]

1.3.1.1 Radikálová polymerace

V polygrafii bývá nejvíce využíváno UV tiskových barev, založených na principu radikálové polymerace. Ta bývá iniciována zářením v rozsahu 200–450 nm, což je rozsah pro UV a VIS oblast spektra. Ultrafialová oblast se dělí dle vlnových délek na UV–A (315–380 nm), UV–B (280–315 nm) a UV–C (100–280 nm) záření. [12] Krátkovlnné UV–C záření má nízkou penetrační schopnost, naopak UV–A záření je účinnější při vytvrzení nánosu tiskové barvy do hloubky (vysoká penetrační schopnost). [13]

Princip radikálové polymerace je založen na reakci radikálu s dvojnou vazbou molekuly monomeru/oligomeru. Dvojnou vazbu tvoří dva páry elektronů, z nichž jeden vytváří pevnou kovalentní vazbu σ a druhý labilní vazbu π. Elektrony σ zaujímají ve vazbě vnitřní pozici, čímž snadno vstupují do chemických reakcí. Elektrony π zaujímají vnější pozici. [11]

K zahájení polymerační reakce je třeba iniciátor. Ten se po absorpci záření rozpadá na volné radikály, tedy částice s nepárovým elektronem. Polymerace je zahájena tzv. iniciací, kdy dochází k adici monomeru na volný radikál. Následuje růst řetězce, který je nazýván jako propagace. Jedná se o adici dalších molekul monomerů, kdy se nepárový elektron (tzv. radikál) přesouvá na konec rostoucí molekuly. Takto postupně vzniká polymerní řetězec makromolekuly, než je jeho růst ukončen tzv. terminací, tedy vzájemnou reakcí dvou radikálů. Další možností ukončení růstu polymerního řetězce je přenos radikálu na jinou částici, nazývaný jako transfer. [11]

Výhodou radikálově polymerujících UV tiskových barev v polygrafii je především velmi rychlé vytvrzení, které trvá zlomky sekund. Dále také odolnost vytvrzeného filmu vůči rozpouštědlům a možnost velkého výběru iniciátorů, oligomerů a monomerů. Hlavní nevýhodou jsou inhibice polyreakce vzdušným kyslíkem či horší adheze k některým potiskovaným materiálů, např. polymerním fóliím. [10]

Na Obrázku 1, je znázorněno schéma obecného principu radikálové polymerace.

Iniciace

$$PI \xrightarrow{hv} PI \bullet$$

$$PI \bullet \underset{k_d}{\rightarrow} R_1 \bullet + R_2 \bullet$$

$$R_1 \bullet + M \underset{k_i}{\rightarrow} R_1 - M \bullet$$

Propagace

$$R_1 - M \bullet + M \underset{k_p}{\rightarrow} R_1 - MM \bullet$$

Přenos

$$R_1 - MM \bullet + R_3 - H \underset{k_{i'}}{\rightarrow} R_1 - MM - H + R_3 \bullet$$

Terminace

$$R_1 - M_n \bullet + R_1 - M_i \bullet \underset{k_{tr}}{\longrightarrow} R_1 - M_{n+1} - R_1$$

$$R_1 - M_n \bullet + R_2 \bullet \underset{k_{tr'}}{\longrightarrow} R_1 - M_n - R_2$$

$$R_1 - M_n \bullet + R_1 - M_i \bullet \underset{k_{td}}{\longrightarrow} R_1 - M_n - H + R_1 - M_{i-1} = M$$

PI = fotoiniciátor

PI • = excitovaný fotoiniciátor

R_1 •, R_2 • = radikálové fragmenty fotoiniciátoru

$R_3 - H$ = donor vodíku

M = monomer

Značení rychlostních konstant:

k_d = disociace

k_i = iniciace

k_p = polymerizace

k_{ha} = odštěpení vodíku

$k_{i'}$ = iniciace přeneseným radikálem

k_{tr} = terminace rekombinací rostoucích řetězců

$k_{tr'}$ = terminace rekombinací

k_{td} = terminace disproporcionací

Obrázek 1 *– Schéma jednotlivých reakčních kroků radikálové polymerace [14]*

1.3.1.2 Kationtová polymerace

Méně využívanou metodou polymerace je polymerace kationtová, jejíž aktivní centrum má po rozštěpení polarizované vazby iontový charakter. Jako iniciátory se používají Lewisovy kyseliny, které vzniknou rozpadem kationtových iniciátorů po ozáření. [11]

Výhodou kationtově polymerujících UV tiskových barev jsou malé objemové změny v průběhu vytvrzení (cca 5 %), výborná adheze a pružnost po vytvrzení. Nevýhodou je především dlouhé vytvrzení barvové vrstvy, které trvá zhruba 24 hodin, dále pak inhibice reakce vzdušnou vlhkostí. [10]

1.4 Zdroje UV záření

Jedny z nejpoužívanějších zdrojů UV záření pro vytvrzení UV barev jsou středotlaké rtuťové výbojky. Uplatnění nacházejí čím dál více i jiné zdroje, např. elektroluminiscenční UV zdroje (LED-UV) a dopované rtuťové výbojky, využívané u H-UV technologie a principiálně podobných technik, aj.

1.4.1 Středotlaké rtuťové výbojky

Středotlaké rtuťové výbojky bývají nejčastěji zdrojem UV záření pro vytvrzení konvenčních UV tiskových barev. Rtuťová výbojka je hermeticky uzavřená trubice s kovovými elektrodami na obou koncích, vyrobená z křemenného skla s malým obsahem rtuti. Křemenné sklo propouští UV záření a snese teploty až do 1100 °C. [15] Trubice je vyplněna inertním plynem, nejčastěji argonem, který je podstatný pro zažehnutí výboje a podporuje přeměnu rtuti z kapaliny v plazmu. Existují různé typy výbojek, ale základní princip je stejný. Rtuti je dodána energie, díky níž se ohřívá a rychle odpařuje. Plazma, která emituje záření, je vytvářena tehdy, když dosáhne trubice provozní teploty cca 1000 °C. [12]

Životnost rtuťové výbojky se pohybuje okolo 1000 hodin. [13] Avšak od prvního zážehu výbojky je její výkon vyzařování v UV oblasti postupně snižován, v důsledku generace par rtuti. Po vypnutí se rtuť vrací do kapalné formy. Opakované zapínání a vypínání výbojky vede k usazování rtuti v blízkosti konců trubice. Tato rtuť již není schopna přeměny v plyn, čímž se snižuje výkonnost a tím i životnost výbojky. [13]

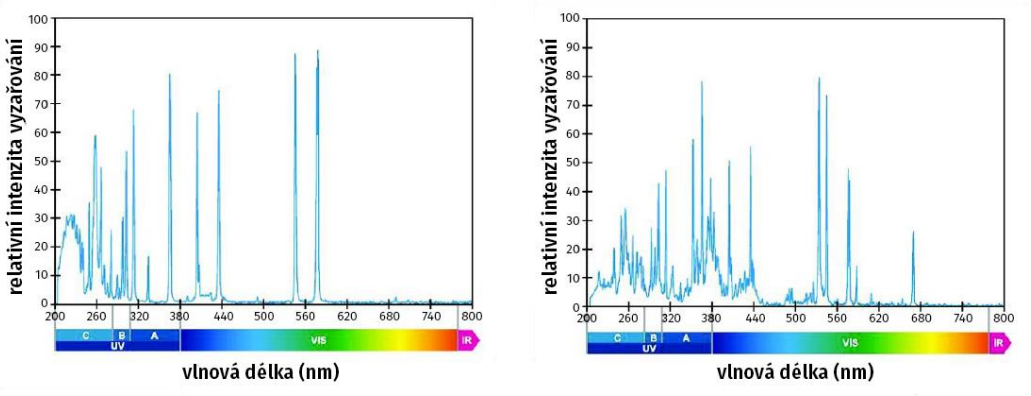
Tyto výbojky emitují záření v UV, VIS i IČ oblasti spektra, což je znázorněno na Obrázku 2. Přibližně 25 % elektrické energie je přeměněno na UV záření, 25 % na viditelné světlo a 50 % spadá do infračervené oblasti. [12] IČ záření je vydáváno v podobě tepla, což ohřívá potiskovaný materiál. Je-li materiál citlivý na teplo, jako jsou např. polymerní fólie, je tento jev nežádoucí, jelikož může docházet k poškození potiskovaného materiálu. Pokud substrát citlivý na teplo není, může to mít pozitivní vliv na vytvrzení, jelikož teplo snižuje viskozitu, čímž se zvyšuje pohyblivost funkčních akrylátů a tím i jejich reaktivita. [12]

Spektrum této výbojky tedy sahá od krátkovlnného UV záření (UV–C), až do IČ oblasti spektra. UV–C záření reaguje se vzdušným kyslíkem a vytváří přízemní ozon, který je škodlivý a je potřeba jej odsávat. Využívaný zdroj UV záření také produkuje teplo, tudíž je potřeba ho chladit. [16] Snížit množství dopadajícího IČ záření na potiskovaný materiál můžeme chlazením a reflektory s dichroickou vrstvou, která odráží UV záření, kdežto IČ pohltí do prostoru reflektoru s chlazením. [3] Náklady spojené se spotřebou energie (odsávání vzduchu, chlazení, atd.) spolu s pořizovací cenou technologie a barev jsou významnou nevýhodou těchto tiskových barev. Dalšími nevýhodami jsou zápach a toxikologické vlastnosti fotoiniciátorů, které redukují využití UV barev při potisku obalů určených pro potraviny, dále inhibice procesu vytvrzování vzdušným kyslíkem. [3]

1.4.2 Středotlaké rtuťové výbojky dopované kovy

Spektrum vyzařování rtuťové výbojky lze upravit přídavkem dalšího kovu ve stopovém množství. Intenzivnější emisi v oblastech delších vlnových délek prokázaly rtuťové výbojky dopované železem nebo galiem. [15]

Spektrum středotlaké rtuťové výbojky dopované železem (viz Obrázek 2), se nachází v UV a VIS oblasti spektra od 250 nm do 450 nm. [7] Díky tomu, že nevyzařují v oblasti, jejíž záření je absorbováno vzdušným kyslíkem, jako u klasických rtuťových výbojek, je tvorba ozonu minimalizována a není tak zapotřebí odsávání. Také vyzařují méně i v IČ oblasti spektra, tudíž je můžeme použít i pro materiály citlivé na teplo, jelikož produkují méně tepla a zároveň odpadá potřeba intenzivního chlazení. [7] Tyto výbojky jsou využívány pro vytvrzení vysoce reaktivních UV barev.



Obrázek 2 *– Emisní spektrum výbojek – středotlaká rtuťová výbojka (vlevo), středotlaká rtuťová výbojka dopovaná železem (vpravo). [12]*

1.5 Ozon a jeho negativní vlivy

Ozon je bezbarvý, ve vyšších koncentracích namodralý plyn, který je těžší než vzduch. Je tvořen třemi atomy kyslíku (O_3). Přezdívá se mu také **"**aktivní kyslík**".** Molekula ozonu je velmi nestabilní a po krátké době se zpět samovolně rozpadá na kyslík (O_2). Např. při teplotě 20 °C, tlaku 101,3 kPa je poločas rozpadu 45 minut, při teplotě 30 °C a stejném tlaku je poločas rozpadu jen 20 minut. [17] Lidský čich rozpozná typickou svěží vůni ozonu již ve velmi nízké koncentraci. Tuto vůni můžeme běžně cítit po bouřce nebo při svařování elektrickým obloukem. Ozon je přírodní čistící a desinfekční látka. Je to dosud nejsilnější oxidační činidlo**,** které je používáno v mnoha oblastech, jako je lékařství, zemědělství, potravinářský průmysl atd., jelikož neexistuje žádný virus, bakterie, plísně a houby, které by ozonu odolaly. Zároveň má dezodorační efekt**,** tzn., redukuje nežádoucí zápachy v prostředí, nemaskuje je, ale trvale odstraňuje. [17]

Má však také řadu negativních účinků, kvůli kterým je přízemní ozon, vytvořený např. právě v důsledku využití UV zdroje záření, konkrétně středotlaké rtuťové výbojky, nežádoucí. Má vliv zejména na zdraví živých organismů. Při zvýšené koncentraci může způsobit bolesti hlavy, podráždění očí, pálení sliznic, kašel, dýchací obtíže či astmatické záchvaty. [18] Vedle potřeby snížení elektrické energie, je tedy eliminace vzniku přízemního ozonu v důsledku používání jiných zdrojů UV záření výhodou.

1.6 Vývoj v oblasti ofsetového tisku s vytvrzováním pomocí UV záření

V České republice je dominantní tiskovou technologií již několik let ofsetový tisk. V současné době je v polygrafickém průmyslu důležitá nejen kvalita tiskoviny, ale také doba zpracování zakázky.

Jednou z možností, jak uspokojit požadavky trhu a proces tisku urychlit, je u konvenčního ofsetového tisku použití rychleschnoucích oxypolymeračních barev. Ty však mají i řadu nevýhod, především vytváření škraloupů či zasychání barev v tiskovém stroji, což má za následek častější mytí stroje a s tím spojené i vyšší náklady. Tato nevýhoda způsobuje narůstání neproduktivního času, což je v závěru kontraproduktivní vůči prvotnímu využití, a to rychlejšímu zpracování zakázky.

Dále se z důvodu zušlechtění, ale i ochrany proti slepování či poškrábání apod., využívá celoplošného lakování. Tento způsob však také není vždy řešením, jelikož ne vždy lze danou tiskovinu lakovat, u nenatíraných papírů je opět potřebný několikahodinový čas pro schnutí. Negativním faktorem jsou opět vyšší náklady. [19]

Všechny tyto aspekty vedly výrobce tiskových strojů a barev k propojení ofsetové tiskové technologie s UV zářením tvrditelnými tiskovými barvami. Při této tiskové technologii se využívá jako zdroje UV záření středotlakých rtuťových výbojek. Tiskne se tzv. mokrá do suché, tzn., že rtuťová výbojka je umístěna za každým tiskovým agregátem, která svým zářením zahajuje fotopolymeraci nanesené vrstvy tiskové barvy. Finální tvrzení probíhá podobně jako u konvenčního tiskového stroje ve vykladači, kde je umístěna závěrečná výbojka. [7] Výhodou tiskových strojů, využívajících UV tiskové barvy je v porovnání s tiskovými stroji využívajícími barvy zasychající odpařením rozpouštědel to, že šetří prostor. Např. rotační tiskové stroje vyžadují zhruba o třetinu méně prostoru. [20] Zásadní nevýhodou je investiční náročnost při pořizování, dále také vyšší provozní náklady spojené s vyšší cenou samotných tiskových barev, vznik ozonu a větší energetická náročnost. Ta je způsobena především tím, že UV zdroje záření, umístěné za každým tiskovým agregátem, potřebují poměrně velký výkon na dostatečné vytvrzení barev. [9] Vzhledem k vysokým provozním nákladům a nárokům na ekologické aspekty hledaly výrobci tiskových strojů a barev lepší alternativu, využívající UV zářením tvrditelné tiskové barvy.

Jako první s možným řešením, jak vysoké provozní náklady snížit, přišla roku 2008 firma Panasonic. Ta na stroji Ryobi 525GX použila jako zdroj UV záření diody emitující v UV oblasti spektra (především 365 nm, 385 nm, 395 nm), místo středotlakých rtuťových

výbojek, využívaných u konvenčního UV tisku, čímž se docílilo nižší spotřeby elektrické energie. Tyto LED diody mají nižší výkon, než středotlaké rtuťové výbojky. Ač byl nižší výkon pro vytvrzení tiskových barev postačující, modul musel být velmi blízko archu (zhruba ve vzdálenosti 15 až 20 mm), což neumožňovalo potisk některých substrátů. [21]

Od prvního zavedení UV LED v oblasti polygrafie uběhlo téměř dvacet let, od té doby jejich výzkum značně pokročil a v posledních letech se LED UV technologie řadí mezi jednu z nejperspektivnějších v oblasti ofsetové tisku, využívaného UV záření. Vývoj bílé svítící diody (využívá čipu, který emituje v blízké oblasti UV spektra, což má za následek excitaci luminoforu, nacházejícího se na povrchu čočky diody) značně přispěl ke zvýšení zájmu o problematiku UV LED technologie a v důsledku toho i ke zvýšení dosavadní intenzity emise UV LED. Diody emitující v UV oblasti jsou v polygrafii využívány především pro vytvrzování fotocitlivých materiálů. Z tiskových technik jsou LED diody prozatím nejvíce uplatňovány zejména u digitálního inkoustového tisku, avšak jejich vývoj jde neustále kupředu. Jako zdroj záření vykazují UV LED několik důležitých aspektů. Oproti konvenčním UV zdrojům, jako je např. středotlaká rtuťová výbojka, spotřebují řádově mnohonásobně méně elektrické energie (vztažené ke světelnému výkonu). Mezi hlavní výhody patří dlouhá životnost (více než 20 000 h) [22], neemitují záření v IČ oblasti spektra, absence vzniku ozonu a také to, že nepotřebují prakticky žádný čas pro ustálení svého výkonu po zapnutí. Z konstrukčního hlediska lze také zmínit absenci škodlivé rtuti a také jakýchkoli barevných filtrů (což vychází ze samotného principu funkce LED). Dalšími výhodami jsou jejich odolnost, jednoduchá údržba a rozměrová kompaktnost. UV LED jsou do budoucna zdrojem UV záření s vysokým potenciálem a to především díky zmíněným výhodám, oproti konvenčním rtuťovým výbojkám. Z těchto důvodů jsou výhledově perspektivním zdrojem záření i pro ostatní tiskové techniky využívající zasychání barev pomocí UV záření. Nevýhodami jsou zejména emise záření v úzkém rozsahu vlnových délek a jejich zářivý výstup, vztažený k vlnové délce, který je srovnatelný s výstupem halogenové výbojky, avšak celková intenzita napříč celým emisním spektrem, je oproti rtuťové výbojce stále mnohonásobně nižší. [22]

1.6.1 H-UV tisková technologie

V roce 2009 přišla firma Komori ve spolupráci s Toyo Ink Manufacturing s novou tiskovou technologií, kterou nazvali H-UV. [23] Ta byla onoho roku prezentována v Tokiu na

výstavě JGAS. Co se Evropy týká, byla představena až roku 2010, a to na veletrhu Ipex. Zhruba rok na to, v evropském centru Komori v Utrechtu, proběhla další prezentace H-UV tiskového stroje. Při demonstračním tisku na stroji Komori Lithrone S 840P ve formátu B1, se používal recyklovaný papír značky Biotop. Uvedený substrát byl vybrán záměrně, jelikož na něm nános tiskové barvy zasychající oxypolymerací obvykle špatně zasychá. Před dokončujícím zpracováním nastává prodleva v hodinách, někdy i dnech. Při prezentaci byly vzorky po oboustranném potisku na stroji s obracením ihned odebrány z vykladače, vloženy do snášecí sekce stroje Horizon Stitchliner 5500 a bezprostředně následovalo zpracování vazby V1. Výsledkem byla brožura v plnohodnotné ofsetové kvalitě, která byla navíc zpracována v čase, který je srovnatelný s operativními možnostmi digitálních tiskových technologií. [21]

Společnost Komori již více než 90 let vyrábí ofsetové tiskové stroje. Už od svého založení roku 1923, se snaží zlepšovat kvalitu a produktivitu svých tiskových strojů s důrazem na to, aby zůstala stále důvěryhodným dodavatelem. Každým rokem se snaží usilovat o rozšíření nabídky služeb a produktů s ohledem na poptávku svých zákazníků. [24]

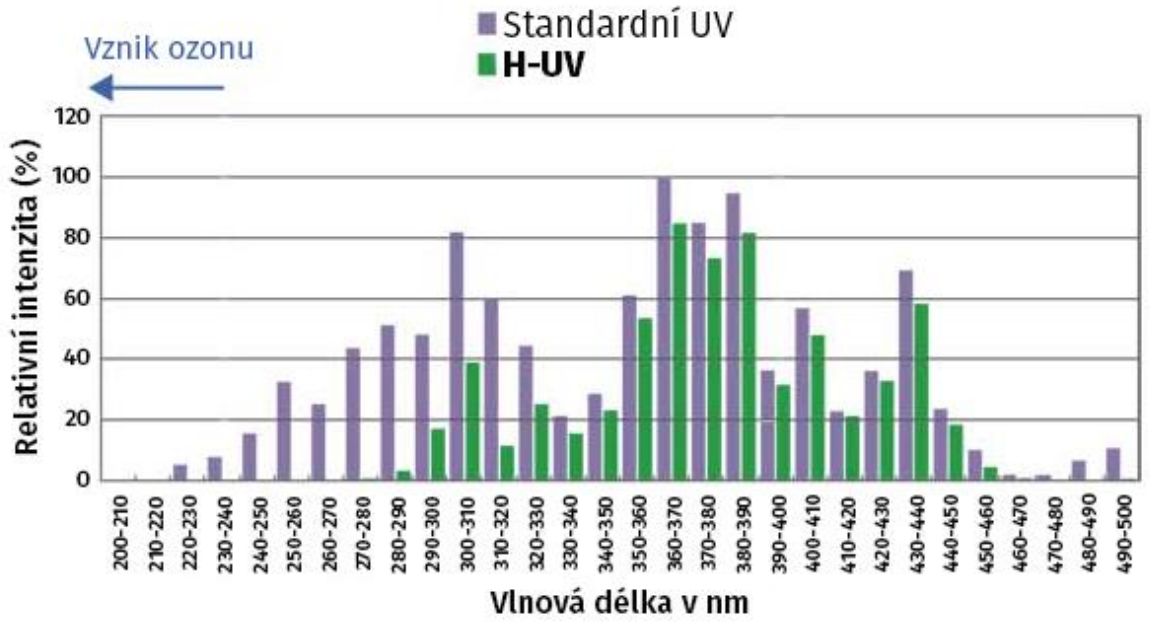
Japonská společnost Toyo Ink Manufacturing, podílející se na vývoji H-UV technologie, vyvíjí vysoce citlivé UV barvy potřebné pro H-UV technologii. Do nedávna byla jediným oficiálním dodavatelem H-UV tiskových barev pro tiskové stroje společnosti Komori, což se změnilo dne 27. května roku 2016, kdy vyšla oficiální zpráva, kde Komori uvedla jako alternativu tiskových barev firmy Toyo Ink, barvy firmy Siegwerk a oznámila společné partnerství. [25]

H-UV technologie je označována jako nízkoenergetický tisk, který vychází z konvenční UV tiskové technologie. Využívá jako zdroj UV záření středotlaké rtuťové výbojky, které jsou dopovány železem. Díky upravenému iniciačnímu systému tiskových barev je zde využito menšího počtu zdrojů UV záření, oproti konvenčnímu UV tisku. Zmíněný iniciační systém tiskových barev je upraven tak, že není třeba vytvrzovat každou tištěnou barvu zvlášť, jako je tomu u konvenčního UV tisku. [9] Iniciační systém barev je přizpůsoben spektru vyzařování rtuťové výbojky dopované železem, díky čemuž lze vytvrdit nános čtyř barev jedním zdrojem záření. Tiskové stroje firmy Komori jsou tedy opatřeny pouze jedním nebo dvěma zdroji UV záření a to dle počtu tiskových jednotek. Při osmibarevném tisku je jedna výbojka umístěna za prvními čtyřmi tiskovými jednotkami před obracením a druhý zdroj UV záření se nachází ve vykladači pro vytvrzení druhé strany tiskoviny. Tzn., pokud je stroj vybaven čtyřmi nebo pěti tiskovými jednotkami (CMYK,

H-UV lak), nachází se v něm pouze jeden zdroj UV záření. Oproti běžně používaným rtuťovým výbojkám u konvenčního UV tisku, mají tyto výbojky snížené vyzařování v oblasti pod 250 nm, čímž je snížena tvorba ozonu (viz Obrázek 3). Zároveň vyzařují méně v IČ oblasti spektra, což má za následek snížení ohřevu potiskovaného materiálu. [18] Tyto aspekty jsou jedny z největších výhod H-UV tiskové technologie.

Další výhodou nízkoenergetického UV tisku je možnost potisku široké škály materiálů od syntetických po recyklované nenatírané papíry. Povrchové napětí syntetických materiálů musí být upraveno koronou nebo jiným zařízením mimo tiskový stroj na hodnoty minimálně 40 mN/m. Pokud by byly hodnoty nižší, adheze by nebyla dostatečná a barva by špatně smáčela potiskovaný substrát. Vysoce reaktivní UV barvy našly uplatnění zejména u savých materiálů. Především z důvodu možnosti okamžitého dokončujícího zpracování bezprostředně po tisku, oproti konvenčním ofsetovým tiskovým barvám. I vrstva tiskové barvy je nižší než u konvenčních ofsetových tiskových barev. Tím, že UV zářením tvrditelná tisková barva nemá dostatek času na penetraci hluboko do struktury potiskovaného materiálu, má vysoký lesk a sytost i při nízkých nánosech. [21]

Mezi nevýhody H-UV technologie patří zejména vysoké počáteční investiční náklady. Cena vysoce reaktivních tiskových barev byla ještě před pár lety mnohem vyšší než u konvenčních UV barev. S nárůstem počtu výrobců těchto barev (Hubergroup, SunChemical, Epple Druckfarben a další) se cena o něco snížila. V dnešní době jsou tyto barvy už jen o málo dražší nebo cenově srovnatelné s konvenčními UV zářením tvrditelnými ofsetovými barvami. [9] Na trhu jsou dostupné barvy procesní, Pantone i metalické (ceny těchto barev jsou uvedeny v kapitole 1.2.4).



Obrázek 3 *– Vyzařování výbojek používaných u UV a H-UV technologie v různých oblastech spektra [21]*

1.6.2 LE-UV, HR-UV, LEC-UV tiskové technologie

Tato bakalářská práce je zaměřena především na H-UV tiskovou technologii firmy Komori, která, jak již vyplývá ze samotného názvu H-UV, tedy „high sensitive UV inks“, využívá se vysoce reaktivních tiskových UV barev, citlivých právě na ultrafialové záření (podrobněji vysvětleno v kapitole 1.6.1). Je však třeba zmínit i další světové výrobce tiskových strojů a barev, zabývající se vývojem ofsetového tisku s využitím UV zdroje záření a příslušných barev, jimž právě firmy Komori a Toyo Ink daly počáteční podnět k vývoji vlastní technologie. Např. firma Heidelberg pro tuto technologii zvolila název LE-UV (low energy UV inks), tzn. technologie tisku využívající nízkoenergetické UV barvy. [26] Firma KBA využívá názvu HR-UV (highly reactive UV inks), tedy technologie tisku vysoce reaktivními UV barvami. [27] Podobný název jako firma Heidelberg zvolila firma manroland, a to LEC-UV (low energy curing UV inks). [28] Všechny tyto technologie jsou založeny na podobném principu jako H-UV technologie firmy Komori. K vytvrzení barev se také využívá rtuťových výbojek obohacených železem, kdy je iniciační systém upraven tak, že není třeba

vytvrzovat každou tištěnou barvu zvlášť. Všechny tyto tiskové technologie využívají vysoce reaktivní tiskové barvy, které jsou vytvrzovány pomocí ultrafialového záření.

Tiskové stroje firmy Heidelberg pro technologii LE-UV se vyznačují svojí univerzálností. S poprašováním a IČ sušením jsou vhodné pro tiskárny, které přechází z konvenčních ofsetových tiskových barev na UV zářením tvrditelné barvy postupně. Počet UV zdrojů záření se pohybuje od jedné do tří. Pokud je tisk vysoce reaktivními UV barvami kombinován ještě s UV lakem, je k poslednímu zdroji záření přidána ještě jedna rtuťová výbojka, která zaručí dokonalé vytvrzení barev. [6] Tato přídavná rtuťová výbojka umístěná ve vykladači bývá instalována i do strojů ostatních světových výrobců tiskových strojů, založených na podobném principu. Je to způsobeno stále vysokou cenou vysoce reaktivních UV laků. Proto jsou často nahrazovány klasickými UV zářením tvrditelnými laky. [29]

LEC-UV od firmy manroland je taktéž nízkoenergetický tisk, založený na využití dopované rtuťové výbojky v kombinaci s vysoce reaktivní tiskovou barvou. Jako výhody výrobce uvádí vysokou odolnost proti poškrábání a oděru, dále také hladší povrch nanesené tiskové barvy a vysokou rychlost tisku. Díky speciálně dopované středotlaké výbojce je dle výrobce celková spotřeba energie až o 75 % nižší, než u konvenčního UV tisku. [28]

Technologie HR-UV firmy KBA využívá efektivní systém vytvrzení, tzv. VariDry. Ten je založen na kazetovém založení přizpůsobeném použití vysoce reaktivních UV inkoustů. Tento sytém také využívá jako zdroje UV záření středotlaké rtuťové výbojky dopované železem. Výkon výbojky je možno volit v rozmezí 80 až 200 W/c. Výrobce uvádí, že pomocí sytému VariDry, lze výbojky ve stroji snadno měnit a životnost těchto rtuťových výbojek dopovaných železem, je 600 až 1500 hodin. Tento systém také využívá funkce senzoru, který kontroluje funkčnost a kvalitu výbojky. Výrobce také uvádí, že celková spotřeba energie, díky redukci počtu výbojek, je až o 75 % nižší, než u konvenčního UV tisku. [27]

1.7 Instalace vybraných UV, H-UV a obdobných tiskových strojů v ČR

V České republice první instalaci tiskového stroje Komori, založeného na technologii H-UV, uskutečnila tiskárna H.R.G. spol. s r.o. (Litomyšl). Tiskový stroj Komori Lithrone GL-840P, který má 8 tiskových jednotek, uvedla do provozu roku 2013. [9]

Další tiskárnou, disponující H-UV tiskovým strojem, využívající vysoce reaktivní UV barvy je Tiskárna Grafico s.r.o. (Opava). Konkrétně se jedná o tiskový stroj Komori Lithrone GL-540HC H-UV. [30]

Tiskárna TNM print, s.r.o. (Chlumec nad Cidlinou) vlastní hybridní tiskový stroj nazývaný jako Komori Lithrone GL-540HC+H-UV s možností tisku vysoce senzitivními UV barvami. Tento tiskový stroj umožňuje tisk konvenčními barvami s možností in-line lakování disperzními laky nebo tisk technologií H-UV s využitím potřebných tiskových barev s možností in-line lakování H-UV lakem, přičemž střídání zmíněných technologií je možné v běžném provozu v krátkém čase. [31]

První tiskový stroj firmy Heidelberg s technologií LE-UV u nás začala využívat tiskárna Integraf, s.r.o. (Náchod). Konkrétně tiskový stroj Heidelberg Speedmaster CD 102-5+LX-LE-UV, který je vybaven pěti tiskovými agregáty a lakovací jednotkou. Technologie LE UV se liší svojí univerzálností. Jak již víme, stroje LE-UV umožňují regulovat výkon jednotlivých modulů pro UV vytvrzování. Z toho důvodu je tedy možné tyto moduly využívat jak pro vysoce reaktivní UV barvy, tak standardní UV barvy. Právě variabilita tiskové produkce byla jedním ze zásadních faktorů, proč se tiskárna Integraf rozhodla pro nákup tohoto tiskového stroje na rozdíl od jiných technologií. [32]

Tiskárna Helbich, a.s. (Brno) od roku 2012 disponuje tiskovým strojem Heidelberg Speedmaster CD 102-5+LX3, který je uzpůsoben pro využití hybridních technologií. Umožňuje tedy kromě konvenčních tiskových barev používat také UV barvy. Po porovnání nabídek a provedení různých testů, souvisejícími s výjezdy do zahraničí, dala tato tiskárna před H-UV a LE-UV technologií přednost právě konvenční UV technologii. Na základě zmíněných aspektů se domnívají, že konvenční UV tisková technologie je nejpropracovanější z technického i provozního hlediska a pro ně tak vhodným řešením. [33]

Tiskáren, využívajících konvenční UV tiskovou technologii, je v České republice prozatím několikanásobně více, než tiskáren využívajících H-UV (LE-UV, HR-UV, aj.) tiskovou technologii. Tiskárnami disponujícími právě konvenčními UV tiskovými stroji na území České republiky, jsou dále např. Tiskárna UV Star printing company s.r.o. (Praha), vlastnící tiskový stroj Ryobi 3404DI. [34] DI UV tiskový stroj firmy Ryobi využívá i tiskárna Chameleon Print s.r.o. (Praha). [35] Tiskárna Profiprint (Kolín) disponuje tiskovým strojem KBA Rapida 105, který je uzpůsoben tisku hybridními barvami. [36] Tiskárna Unipress, spol. s r.o (Turnov), vlastní tiskový stroj Komori Lithrone GL-540HC+UV. [37] A mnoho dalších.

2 Praktické zkušenosti s technologií H-UV v tiskárně H.R.G.

Veškeré informace a fotografie v této kapitole byly získány díky komunikací s tiskárnou H.R.G., zejména od pana Ondřeje Lukáše, vedoucího předtiskové přípravy a tisku.

2.1 Tiskový stroj

Jak bylo již zmíněno, tiskárna H.R.G. v roce 2013 jako první v České republice instalovala H-UV tiskový stroj firmy Komori, konkrétně Komori GL-840P. Jedná se o tiskový stroj ve formátu B1, který má 8 tiskových jednotek. Maximální rychlost tisku je 15 000 archů/hod. Na Obrázku 4 je H-UV tiskový stroj tiskárny H.R.G. Na Obrázku 5 se nachází ovládací pult daného tiskového stroje.

Obrázek 4 *– Fotografie H-UV tiskového stroje tiskárny H.R.G.*

Obrázek 5 *– Fotografie ovládacího pultu H-UV tiskového stroje tiskárny H.R.G.*

Tento tiskový stroj využívá automatického mytí válců, díky čemuž nedochází k polymeraci tiskové barvy uvnitř stroje a údržba tiskového stroje je tak usnadněna. Jedná se o předvlhčené role, kterými se umývají tiskové a protitlakové válce. Na tyto předvlhčené mycí role je ve stroji stříkána voda a kontaktem s mycím prostředkem na roli vzniká emulze, kterou se válce myjí. Role jsou předvlhčeny mycím prostředkem bez obsahu VOC látek.

Tiskové gumy musí být svým složením vhodné pro tisk UV zářením tvrditelnými barvami. Mycí prostředky jsou z chemického hlediska u UV tiskové technologie odlišné od konvenční ofsetové tiskové technologie. Tiskové desky se u H-UV technologie využívají dvouvrstvé, např. od firmy Agfa, Fujifilm. Deska má díky dvouvrstvé technologii vysokou rezistenci na agresivní chemikálie, což desce dává vysokou výdržnost v tisku i při použití UV barev.

2.2 Tiskové barvy

Tiskárna H.R.G. primárně využívá tiskové barvy od firmy Toyo Ink, konkrétně ve verzi V3. Tiskové barvy této firmy jsou firmou Komori pro H-UV tiskovou technologii doporučovány, jelikož právě firma Toyo Ink na vývoji H-UV technologie s Komori spolupracovala, dále pak také díky jejich kvalitě. S vývojem přišly na trh i tiskové barvy od jiných výrobců, např. Siegwerk, Epple, Sunchemical, Flint, Martínez Ayala a další.

Barvu firmy Siegwerk měla již možnost tiskárna H.R.G. vyzkoušet a s jejími výsledky je spokojená. V současné době je tiskárnou H.R.G. testována i nová generace tiskových barev firmy Hubber. Po dokončení testu bude rozhodnuto, kterou barvu z těchto dvou budou společně s barvami firmy Toyo Ink používat, jelikož nechtějí být závislí na jednom dodavateli, což platí pro jakékoliv materiály, a to v tomto případě ještě donedávna nebylo. Rozhodující barvou bývá zejména barva černá, jelikož nejspolehlivěji odhalí nedokonalosti kvality barvy.

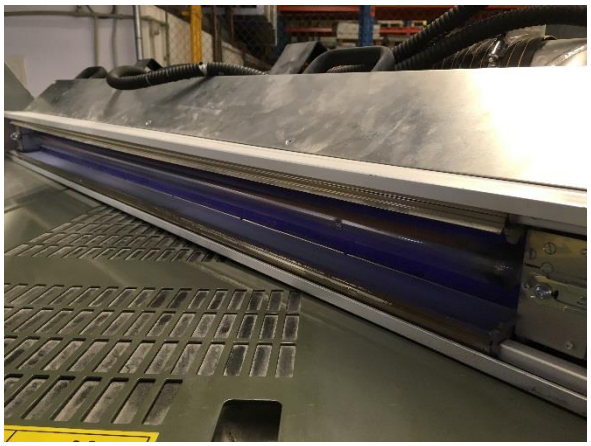
H-UV tiskové barvy jsou dle poznatků pracovníku tiskárny oproti konvenčním tiskovým ofsetovým barvám lesklejší, ostřejší a prokreslenější. Je to způsobeno menším vpíjením barev do potiskovaného materiálu oproti konvenční ofsetové tiskové technologii, což má dále za následek nižší spotřebu barev, a to zhruba o 10–15 %.

2.3 UV zdroj záření – středotlaká rtuťová výbojka dopovaná železem

UV zdroj záření se zahřívá zhruba 5 min. Nachází se v „pouzdře“, které je chlazeno vodou. Ze zdroje záření vede odtah vzduchu komínem. Životnost výbojek se pohybuje okolo dvou až tří tisíc hodin. Raritou tiskárny H.R.G. byl UV zdroj záření, který vydržel téměř 8 tisíc hodin. Kontrola je však doporučována už po 800 hodinách. Rtuťové výbojky jsou na koncích zúžené (patice) a toto místo je citlivé na opotřebení vysokými teplotami. Pokud tedy dojde k prasknutí trubice, je to zpravidla v tomto místě. Pokud se tak stane, automaticky se zastaví i tiskový stroj, aby nedošlo k dalším škodám. Pokud dojde zároveň i k chybě softwaru, stroj neohlásí chybu a funguje i nadále (např. s jedním prasklým zdrojem UV záření, jelikož tiskárna H.R.G. disponuje H-UV tiskovým strojem s obracením, kde se nachází dva zdroje). Tato chyba se na vytištěném archu ihned pozná, jelikož se tisková barva lepí a není dostatečně vytvrzená. Zda je zdroj záření stále dostačující pro vytvrzení barev, se kontroluje i pomocí tzv. Tesa testu s lepicí páskou, dále ručně škrabacím testem a testem otěru. Cena zdroje UV záření se pohybuje okolo 15 000 Kč. Na Obrázcích 6–8 je znázorněna pozice UV zdrojů záření, vzhled modulu a samotné rtuťové výbojky dopované železem.

Obrázek 6 *– Fotografie (vlevo) umístění zdroje UV záření v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. (v první pozici), fotografie (vpravo) umístění zdroje UV záření v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. (v první pozici) - detail*

Obrázek 7 *– Fotografie (vlevo) umístění zdroje UV záření v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. (v druhé pozici), fotografie (vpravo) umístění zdroje UV záření v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G. (v druhé pozici) - detail*



Obrázek 8 *– Fotografie (vlevo) celého zdroje UV záření (modulu) v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G., fotografie (vpravo) dopované středotlaké rtuťové výbojky v H-UV tiskovém stroji tiskárny H.R.G.*

2.4 Ekonomické srovnání provozu

Jelikož tiskárna H.R.G. nedisponuje žádným konvenčním UV tiskovým strojem, H-UV technologie je v této kapitole srovnávána s konvenční ofsetovou tiskovou technologií, tedy tiskem s barvami zasychajícími oxypolymerací.

2.4.1 Porovnání nákladů

V následujících tabulkách jsou pro porovnání finančních nákladů rozpočítány nejdůležitější jednotlivé spotřební materiály a energie, potřebné pro provoz porovnávaných tiskových strojů.

V Tabulkách 3–16, jsou uváděny referenční údaje (ref), což jsou hodnoty za sledované období jednoho kalendářního roku, konkrétně za rok 2016, zjištěné z IS Money a Cicero. Nápomocná byla i Licenční práce pana Ondřeje Lukáše, jelikož se nějaké údaje, se kterými ve své práci pracoval, od roku 2012 nezměnily.

2.4.2 Porovnávané tiskové stroje

2.4.2.1 Konvenční ofsetový stroj

Výrobce: Komori Machinery Co.,Ltd., Japonsko

Model: Komori Lithrone S 40

Konfigurace: formát B1, čtyři tiskové jednotky, možnost tisku jedním průjezdem strojem, lakovací jednotka dispersního laku za 4. tiskovou jednotkou, sušící jednotka s IR zářením a horkým vzduchem za lakovací jednotkou, práškování, maximální rychlost 16.000 obratů/hod.

2.4.2.2 H-UV tiskový stroj

Výrobce: Komori Machinery Co.,Ltd., Japonsko

Model: Komori Lithrone GL-840 P

Konfigurace: formát B1, osm tiskových jednotek, obracecí zařízení mezi 4. a 5. tiskovou jednotkou, možnost oboustranného tisku jedním průjezdem strojem, UV zdroje záření za 4. a 8. tiskovou jednotkou, bez práškování, maximální rychlost 15.000 obratů/hod.

Tabulka 3 *– Parametry pro porovnání režijních nákladů a výrobní kapacity*

tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
konfigurace	čtyřbarvový stroj	osmibarvový stroj
způsob tisku	líc: 4/0 + disp. lak 1/0 + rub: 0/4 + 0/1 disp. lak = 4/4 + 1/1; na dva průjezdy	osmibarvový - tisk 4/4 líc, rub na jeden průjezd
potiskované materiály	natírané a nenatírané papíry 60–450 g/m^2	natírané a nenatírané papíry 60–450 g/m^2
barva	konvenční (oxypolymerační)	vysoce reaktivní (H-UV)
disperzní lak	ano	Ne
tiskové desky	konvenční	vhodné pro H-UV
vlhčení tisku	konvenční materiály pro redukci IPA	vhodné pro H-UV bez IPA
tiskové gumy	konvenční	vhodné pro H-UV
chemie pro mytí stroje a tiskových gum	konvenční	vhodné pro H-UV
vykladač	nutnost poprašovacího zařízení	bez nutnosti poprašovacího zařízení
schnutí	možnost okamžitého zpracování při lakováni disperzním lakem	možnost okamžitého zpracování
sušení/vytvrzování	IR sušení + horký vzduch	UV zdroj záření (2 výbojky)

Tabulka 4 *– Počet průjezdů tiskovým strojem*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Počet průjezdů (ref)	**21 023 000**	**21 097 000**

Tabulka 5 *– Porovnání ceny tiskových desek*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Cena tiskové desky (Kč/ks)	106	121
Spotřeba tiskových desek (ks/ref)	6 749	6 735
Cena tiskových desek (Kč/ref)	715 394	814 935
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**0**	**99 541**

Tabulka 6 *– Porovnání ceny vývojky*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Cena vývojky (Kč/l)	37	37
Spotřeba vývojky (l/ref)	1 052	1 199
Cena vývojky (Kč/ref)	38 924	44 363
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**0**	**5 419**

Tabulka 7 *– Porovnání ceny konzervační gumy*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Cena konzervační gumy (Kč/l)	41	41
Spotřeba konzervační gumy (l/ref)	77	87
Cena konzervační gumy (Kč/ref)	3 157	3 567
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**0**	**410**

Tabulka 8 *– Porovnání ceny tiskových gum*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Cena tiskové gumy (Kč/ks)	2 500	3 000
Tiskové gumy (ks/rok)	70	150
Tiskové gumy (Kč/rok)	175 000	450 000
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**0**	**275 000**

Tabulka 9 *– Porovnání ceny tiskových barev*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Roční spotřeba barvy (kg)	8 000	7 500
Cena barvy (Kč/kg)	120	420
Cena barvy za rok (Kč/kg)	960 000	3 150 000
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**0**	**2 190 000**

Tabulka 10 *– Porovnání ceny disperzního laku*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Roční spotřeba disperzního laku (kg)	23 000	0
Cena disperzního laku (Kč/kg)	40	0
Cena disperzního laku za rok (Kč/kg)	920 000	0
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**920 000**	**0**

Tabulka 11 *– Porovnání ceny IPA*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Roční spotřeba IPA (l/ref)	1 008	0
Cena IPA (Kč/l)	50	0
Cena IPA za rok (Kč/kg)	50 400	0
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**50 400**	**0**

Tabulka 12 *– Porovnání ceny stabilizátorů vlhčení*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Roční spotřeba stabilizátoru vlhčení (l/ref)	1 000	2 500
Cena stabilizátoru vlhčení (Kč/l)	120	120
Cena stabilizátoru vlhčení za rok (Kč/kg)	120 000	300 000
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**0**	**180 000**

Tabulka 13 *– Porovnání ceny poprašovacího pudru*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Cena poprašovacího pudru (Kč/kg)	200	0
Spotřeba poprašovacího pudru (kg/ref)	150	0
Cena poprašovacího pudru (Kč/ref)	30 000	0
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**30 000**	**0**

Tabulka 14 *– Porovnání ceny spotřeby energie*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Cena spotřeby energie kW/h (Kč/hod)	1,267	1,267
Příkon sušení (kW/hod)	50	20,4
Spotřeba energie pro sušení – referenčního počet průjezdů (kW/rok)	146 062,5	26 426,8
Spotřeba energie pro sušení – referenčního počet průjezdů (Kč/rok)	185 061	52 854
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**132 208**	**0**

Tabulka 15 *– Porovnání ceny UV zdroje záření*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Cena UV zdroje záření (Kč/ks)	0	15 000
Počet UV zdroje záření (ks/stroj)	0	2
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**0**	**30 000**

Tabulka 16 *– Porovnání ceny mycí chemie*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Cena mycí chemie (Kč/ref)	180 315	304 515
Cenový rozdíl (Kč/ref)	**0**	**5 856**

2.4.3 Celkové porovnání technologií

V Tabulce 17 jsou shrnuty celkové náklady na provoz tiskových strojů pro obě technologie. Jednotlivé náklady byly vyčísleny v předchozích tabulkách. (Tabulky 5–16)

Tabulka 17 *– Vyhodnocení provozních nákladů*

Tiskový stroj	**Komori Lithrone S 40**	**Komori Lithrone GL-840P**
Tiskové desky	715 394	814 935
Vývojka	38 924	44 363
Konzervační guma	3 157	3 567
Tiskové gumy	175 000	450 000
Tiskové barvy	960 000	3 150 000
Disperzní lak	920 000	0
IPA	50 400	0
Stabilizátor vlhčení	120 000	300 000
Poprašovací pudr	30 000	0
Energie na sušení	185 061	52 854
UV zdroj záření	0	30 000
Mycí chemie	180 315	304 515
Celkem (Kč)	**3 378 251 × 2 = 6 756 502**	**5 150 234**
Cenový rozdíl (Kč)	**1 606 268**	**- 1 606 268**

S ohledem na téměř totožný počet referenčních průjezdů u obou tiskových strojů bylo zjištěno, že H-UV technologie ve výsledku vychází levněji. Je to způsobeno tím, že H-UV tisková technologie tiskne v důsledku konfigurace tiskového stroje oboustranný tisk na jeden průjezd, kdežto konvenční ofsetový tiskový stroj tiskne oboustrannou zakázku na dva průjezdy. U konvenčního tiskového stroje Komori Lithrone S 40 tedy potřebujeme na vytištění zakázky zhruba dvojnásobný čas. Tzn., že při téměř totožném počtu průjezdů na obou tiskových strojích, vytiskneme na H-UV tiskovém stroji Komori Lithrone GL-840P za stejný čas dvojnásobný počet zakázek, než na tiskovém stroji Komori Lithrone S 40. Je tedy nutné celkovou částku u konvenčního ofsetového tiskové stroje v Tabulce 17 vynásobit dvěma, abychom získali výslednou částku za zhruba stejný počet zakázek, který za stejný čas vytiskl H-UV tiskový stroj.

3 Závěr

Cílem práce bylo čtenáři přiblížit H-UV tiskovou technologii. Bylo zjištěno, že díky svým nesporným výhodám, je výhledově jednou z perspektivních tiskových technik s velkým potenciálem do budoucna. A to především oproti konvenční UV technologii, zejména díky redukci UV zdrojů záření změnou iniciačního systému tiskových barev. H-UV technologie je oproti UV technologii tisku výhodnější nejen z hlediska ekonomického, ale i ekologického, jelikož neprodukuje zdraví škodlivý přízemní ozon. Zároveň použité výbojky vyzařují méně v IČ oblasti spektra, což má za následek snížení ohřevu potiskovaného materiálu a tím i možnost využití většího spektra potiskovaných substrátů.

Oproti konvenčnímu ofsetovému tisku při této technologii tisku nedochází ke vzniku neproduktivního času způsobeného pomalejším zasycháním barev (oxypolymerací), jelikož tiskové barvy jsou pomocí UV záření ihned vytvrzeny, což je v dnešní době, kdy je vyvíjen velký tlak na rychlost zpracování zakázek, další velkou výhodou.

Negativním faktorem H-UV technologie jsou vysoké pořizovací náklady a především stále vysoké ceny barev a laků. Je to zejména proto, že firma Toyo Ink nemá na trhu prozatím plnohodnotnou konkurenci, tudíž nemá důvod ceny snižovat. Avšak tiskárna H.R.G. za poslední roky zaznamenala velký pokrok u tiskových barev od firem Siegwerk a Hubber, které začínají dosahovat kvalit právě tiskových barev firmy Toyo Ink. Už proto firma Komori přizvala ke společnému partnerství firmu Siegwerk, kdy spolu s tiskovými barvami od firmy Toyo Ink doporučuje na svých H-UV tiskových strojích používat právě i barvy firmy Siegwerk.

Ačkoliv se tato práce významně nezabývá problematikou využití LED diod, nutno dodat, že byť jejich začátky v podobě tiskového stroje Ryobi 525GX od firmy Panasonic měli řadu nevýhod, během několika posledních let prošla tato technologie značným vývojem a je nyní největším konkurentem právě H-UV technologie. Všichni velcí výrobci tiskových strojů už v dnešní době nabízejí tiskové stroje s vytvrzováním pomocí UV LED. Samozřejmě i UV LED technologie má také řadu nevýhod, které se výrobci snaží nadále eliminovat.

V poslední kapitole bylo zjištěno, že oproti konvenčnímu ofsetovému tisku je H-UV technologie o něco levnější, a to i přes téměř čtyřnásobně vyšší ceny tiskových barev a dražší tiskové gumy. Vliv na tuto skutečnost, má u konvenčního ofsetového tisku především konfigurace tiskového stroje, jelikož za stejný čas, při téměř totožném referenčním počtu průjezdů, vytiskne H-UV tiskový stroj Komori Lithrone GL-840P dvojnásobný počet

zakázek, než konvenční ofsetový tiskový stroj Komori Lithrone S 40. Dále také použití disperzního lakování, poprašovacího pudru a IPA u konvenčního ofsetového tiskového stroje (viz tabulky v kapitole 2.1) a nižší spotřeba vysoce reaktivní UV tiskové barvy u H-UV tiskové technologie, v důsledku nižší penetrace do potiskovaného materiálu. Z uvedených hodnot bylo dále zjištěno, že i spotřeba energie u H-UV tiskové technologie je nižší, než u konvenční ofsetové tiskové technologie. Ostatní náklady potřebné pro vytištění zakázky, se pohybují v podobném cenovém rozpětí. Pokud by se na tiskovém stroji Komori Lithrone S 40 tisklo bez přídavku IPA a nebylo by využito disperzního lakování, konvenční ofsetový tisk by pravděpodobně byl oproti H-UV technologii naopak levnější nebo cenově srovnatelný.

Vhodnější by bylo ekonomické porovnání klasické UV technologie s H-UV tiskovou technologií. U H-UV tiskové technologie by dle předpokladu byla znatelná úspora spotřeby energie oproti konvenční UV technologii, a to až o 75 %, v důsledku redukce UV zdrojů záření. Jelikož i cena konvenčních UV tiskových barev se v dnešní době pohybuje v podobném cenovém rozpětí jako cena vysoce reaktivních tiskových barev, zakázka vytištěná na H-UV tiskovém stroji, by pravděpodobně ve výsledku vyšla levněji, především díky úspoře energie a srovnatelným ostatním nákladům potřebných na vytištění zakázky na obou tiskových strojích. Měla by tak být pro tiskárny výhodnější. Ke konkrétním údajům jsem ale nezískala přístup, protože se jedná o poměrně citlivé údaje, které tiskárny s ohledem na ochranu osobních dat nerady zveřejňují. Jelikož např. i ceny tiskových barev si tiskárny domlouvají s dodavateli individuálně na základě mnoha faktorů, jako je odebrané množství, konkurenční ceny, či dlouhodobé vztahy, apod.

Použitá literatura

[1] PANÁK, J. a kolektiv. Polygrafické minimum. 2. dopl. Vyd. Bratislava: TypoSet, 2000. ISBN 80-967811-3-8

[2] LEACH, R. The Printing ink manual. 5 dopl. Vyd. New York: Blueprint, 1993. ISBN 0948905816

[3] KAPLANOVA, M. a kolektiv. Moderní polygrafie. Praha: Svaz polygrafických podnikatelů, 2010. ISBN 978-80-254-4230-2

[4] HOLICKA, H. Texty k předmětu: *Polygrafické materiály*, Univerzita Pardubice, KPF FCHT, Pardubice, 2015

[5] KAPLANOVÁ, M. Texty k předmětu: *Pokroky v oboru*, Univerzita Pardubice, KPF FCHT, Pardubice 2010/2011

[6] MARŠÍKOVÁ, O. Osobní komunikace. 24. 3. 2017, Náchod. Tiskárna Integraf, s.r.o.

[7] H-UV Expert Session. *Print & Publishing* [online]. 2014 [cit. 2017-03-24]. Dostupné z: http://www.printday.print-publishing.bg/2014/web/files/programs/7/9_Komori-1.pdf

[8] Quality and Rentability in an Eco-friendly and Economical Innovative UV Curing System. *KOMORI Corporation Official Website* [online]. [cit. 2017-04-17]. Dostupné z: http://www.komori.com/contents_com/product/h_uv/

[9] LUKÁŠ, O. Osobní komunikace. 18. 1. 2017, Litomyšl. Tiskárna H.R.G., spol. s.r.o.

[10] JAŠÚREK, B. Texty k předmětu: *Základy fyziky polymerů,* Univerzita Pardubice, KPF FCHT, Pardubice 2015

[11] ŠŇUPÁREK, J. Makromolekulární chemie: Úvod do chemie a technologie polymerů. Vyd. 3., dopl. a upr. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-761-2.

[12] ODSTČILOVÁ, H., Studium fyzikálních vlastností HUV barev, Pardubice, 2016. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, KPF FCHT

[13] Optimizing UV curing on press. *JOULES ANGSTROM UV. PRINTING INKS CORP*. [online]. 2012 [cit. 2017-05-2]. Dostupné z: http://www.joulesangstrom.com/wp-content/uploads/2014/09/D3-Optimizing-curing-on-press.pdf

[14] PETRÁŠ, J., Vytvrdzovanie farieb a lakov pomocou UV LED technológie, Pardubice, 2016. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, KPF FCHT

[15] VESELÝ, M. Texty k předmětu: *Reprodukční procesy v polygrafii,* Univerzita Pardubice, KPF FCHT, Pardubice 2015

[16] COX, B. Will latest UV techs lighten the load for commercial print? *PrintWeek* [online]. 2014 [cit. 2017-03-25]. Dostupné z: http://www.printweek.com/print-week/feature/1145349/uv-techs-lighten-load-commercial-print

[17] Co je ozon. *Profi ozon* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-06-17]. Dostupné z: https://profiozon.cz/co-je-ozon/

[18] Negativní vliv ozonu. *Porovnání čističek* [online]. [cit. 2017-06-10]. Dostupné z: http://www.porovnani-cisticek.cz/negativni-vliv-ozonu.htm

[19] LUKÁŠ, O., Porovnávání ofsetových strojů s konvenční technologií a s technologií H-UV, Pardubice, 2013. Závěrečná práce licenčního studia, Moderní technologie v polygrafii. Univerzita Pardubice, KPF FCHT

[20] H-UV Quality x Productivity Web, 81, 2014. *Komori, OnPress* [online]. [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: http://www.komori.com/contents_com/onpress/pdf/op81.pdf

[21] KONEČNÝ, G. Technologie H-UV na strojích Komori. *Svět tisku* [online]. [cit. 2017-02-15]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=6556

[22] MICHAL, P., Vytvrzování radikálově polymerujících formulací UV LED technologií, Pardubice, 2016. Diplomová práce. Univerzita Pardubice, KPF FCHT

[23] THOMA, P. Barvy pro technologii H-UV. *Svět tisku tisku* [online]. [cit. 2017-02-23]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=6910&buxus_svettisku=

[24] Introduction Komori Europe. *Komori* [online]. [cit. 2017-06-23]. Dostupné z: http://www.komori.eu/about-us/?language=2

[25] Siegwerk has been approved as Komori's European supplier of K-Supply ink for its H-UV system. *Siegwerk* [online]. [cit. 2017-05-12]. Dostupné z: https://www.siegwerk.com/en/news/press-releases/details/siegwerk-has-been-approved-as-komoris-european-supplier-of-k-supply-ink-for-its-h-uv-system.html

[26] DryStar LE UV. *Heidelberger Druckmaschinen AG* [online]. [cit. 2017-03-07]. Dostupné z: https://www.heidelberg.com/LE_UV

[27] KBA's winning formula for faster print throughput. *KBA (UK) Ltd.* [online]. 2014 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: http://www.kba.com/gb/news/detail/article/kbas-winning-formula-for-faster-print-throughput/

[28] LEC solution for faster turnaround. *Manroland Sheetfed* [online]. [cit. 2017-03-8]. Dostupné z: http://www.manrolandsheetfed.com/en-GB/news/573/lec-solution-for-faster-turnaround

[29] Heidelberg Info. *Heidelberg* [online]. [cit. 2017-04-05]. Dostupné z: https://www.heidelberg.com/cz/media/local_media/about_us/magazin_heidelberg/HDI_201202.pdf

[30] Pětibarvový stroj KOMORI LITHRONE GL-540HC H-UV. *Tiskárna Grafico s.r.o.* [online]. [cit. 2017-04-10]. Dostupné z: http://www.grafico.cz/technologie.html

[31] Pořízení nového stroje KOMORI LITHRONE GL-540HC+HUV. *TNM PRINT* [online]. 2015 [cit. 2017-07-5]. Dostupné z: http://www.tnm.cz/porizeni-stroju-komori-lithrone/

[32] HEIDELBERG CD 102-5 LX DRY STAR LE-UV. *Integraf* [online]. [cit. 2017-04-23]. Dostupné z: http://www.integraf.cz/web/cs/40-technologie/92-Heidelberg-LE-UV.html

[33] KONEČNÝ, G., Tiskárna Helbich, a. s., Brno. *Svět tisku* [online]. 2015 [cit. 2017-07-05]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=7104&buxus_svettisku=

[34] Ofset press – Tiskový stroj Ryobi 3404E-DI, *UV STAR*, [cit. 2017-06-13]. Dostupné z: http://www.uvstar.cz/vice-o-tisku/ofset-press-tiskovy-stroj/

[35] Ofsetový UV tisk, *Chameleon print*, [online]. [cit. 2017-06-19]. Dostupné z: http://www.chameleonprint.cz/uv-ofset/

[36] Ofsetový potisk plastů, *Svět tisku*, [online]. [cit. 2017-06-19]. Dostupné z: http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=208

[37] Technické vybavení v Unipressu, *Unipress*, [cit. 2017-06-18]. Dostupné z: http://www.unipress.cz/index.php/cs/17-clanky-unipress/unipress/stroje