

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

**Vliv povrchového napětí na přenos tiskových barev  
ve flexotisku**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2019

Bc. Žaneta Sedláčková

Univerzita Pardubice  
Fakulta Chemicko-technologická

Vliv povrchové energie na přenos tiskových barev ve flexotisku

Bc. Žaneta Sedláčková

University of Pardubice  
Faculty of Chemical-technology

Influence of surface tension on the transfer of printing ink in the flexographic printing  
Bc. Žaneta Sedláčková

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 03.05.2019

Sedláčková Žaneta

### Poděkování:

Děkuji Ing. Jiřímu Hejdkovi, Ph.D. za odborné vedení během zpracování této diplomové práce a Radku Bahníkovi za pomoc s přípravou materiálu pro tisk a nejvíce pak se samotným tiskem rozpouštědlovými a vodovými barvami.

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



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



**ANOTACE:**

Práce je věnována zkoumání toho, jak povrchová energie různých typů materiálů (polyethylenová koextrudovaná, polyesterová, polypropylenová, polypropylenová biaxiálně orientovaná fólie), ovlivňuje přenos disperzních a rozpouštědlových tiskových barev různými typy pryžových návleků (butadien-styrenové, ethylen-propylenové, směs butadien-styrenové a ethylen-propylenové, silikonové, směs silikonové a ethylen-propylenové pryže) ve flexotisku.

**KLÍČOVÁ SLOVA:**

Flexotisk, povrchová energie, polymerní fólie, tiskové barvy, pryžové tiskové formy

**ANNOTATION:**

The thesis explores how surface tension of different types of materials (polyethylene coextruded films, polyester film, polypropylene film, polypropylene biaxially oriented films) affects the transfer of dispersed and solvent printing inks by the different types of sleeves (SBR, SBR + EPDM, EPDM, EPDM + SILICONE, SILICONE) in flexography printing.

**KEYWORDS:**

Flexography, surface tension, polymer foils, printing inks, rubber printing plates

# OBSAH

## Úvod

<b>1. Teoretická část</b> .....	9
1.1 Charakteristika flexotisku .....	10
1.1.2 Typy kaučuků .....	10
1.1.3 Příprava kaučukové směsi .....	15
1.1.4 Příprava návleků vč. vulkanizace a opracování povrchu pryže .....	15
1.1.5 Chemické a fyzikální úpravy povrchu pryže – málo účinné a velmi složité .....	16
1.1.6 Nejúčinnější je úprava receptury kaučukové směsi – může se měnit mnoho vlastností pryže, je to jednoduché se spoustou variant .....	16
2. Vypalování pryžových návleků .....	17
2.1 Výhody a nevýhody pryžových návleků pro flexotisk .....	17
3. Povrchové napětí kapalin .....	18
3.1. Povrchová energie pevných látek .....	20
4.1 Flexotiskové barvy .....	22
5. Experimentální část .....	25
5.1 Experimentální materiál .....	25
5.1.1 Potiskovaný materiál .....	25
5.1.2 Tiskové formy .....	26
5.1.3 Flexotiskové barvy .....	28
5.1.4 Testovací kapaliny .....	28
5.2 Experimentální přístroje .....	31
5.3 Experimentální metody a výsledky .....	35
5.3.1 Měření tržné délky flexotiskové tiskové barvy pomocí Tenzitometru .....	36
5.3.2 Měření povrchové energie pryžových návleků .....	36
5.3.3 Měření povrchové energie potiskovaných materiálů .....	38
5.3.4 Měření optické hustoty plných ploch vytištěných disperzní flexotiskovou barvou jednotlivými typy pryžových návleků na potiskované materiály .....	39
5.3.5 Měření optické hustoty plných ploch vytištěných lihovou flexotiskovou barvou jednotlivými typy pryžových návleků na potiskované materiály .....	41

6. Shrnutí .....	49
7. Závěr .....	51
8. Literatura .....	54



# Úvod

Hlavní myšlenkou této práce je zjistit vzájemné závislosti tisku disperzními a rozpouštědlovými barvami s vyšším a nižším povrchovým napětím na různé typy potiskovaných materiálů s vyšší a nižší povrchovou energií (polyethylenová koextrudovaná, polyesterová, polypropylenová, polypropylenová biaxiálně orientovaná fólie) různými typy pryžových návleků s vyšší a nižší povrchovou energií (SBR: butadien – styrenová pryž; SBR + EPDM: ethylen-propylenová pryž, EPDM, EPDM + SILIKONOVÁ PRYŽ, SILIKONOVÁ PRYŽ).

U všech pevných materiálů se změřila povrchová energie, u kapalin pak povrchové napětí a provedl se tisk všemi možnými kombinacemi materiálů.

Měření povrchového napětí tiskových barev bylo provedeno pomocí Odrhovací metody, která vychází z definice povrchového napětí. U fólií se povrchová energie změřila pomocí přístroje Cam 100 pro měření kontaktního úhlu metodou přisedlé kapky (Sessile drop).

Následné vyhodnocení změřených kontaktních úhlů se provedlo metodou Owens-Wendt, kdy se k určení povrchové energie stačí čtyři kapaliny se známými polárními a disperzními složkami.

Jako testovací kapaliny byly použity látky (dijodmethan, voda, ethylenglykol a formamid).

Vyhodnocení povrchové energie návleků se provedlo obdobně jako u fólií pomocí zařízení Cam 100.

Posledním bodem byl nátisk rozpouštědlovými a disperzními tiskovými barvami na flexotiskovém laboratorním stroji Flexo Proofer F.P 100/300 s následným měřením optických hustot nanesených vrstev tiskových barev.

## 1. Teoretická část

Cílem této diplomové práce bylo pochopit problematiku flexotisku, využívaném především v souvislosti s potiskem obalů pro polygrafický (obalářský) průmysl. Získat poznatky o podmínkách, které mají vliv na kvalitu tisku a přenos tiskové barvy z různých typů pryžových flexotiskových forem. Vyhodnotit a experimentálně ověřit těchto několik typů pryžových flexotiskových forem, potiskovaných materiálů a barev a otestovat jejich vlastnosti při tisku. Výsledky této práce by měly pomoci uživateli s volbou vodného materiálu k potisku technikou flexotisku.

## 1.1 Charakteristika flexotisku

Flexotisk je technikou tisku z výšky, který může být realizovaný jako archový nebo kotoučový tisk. Tato tisková technika využívá pružnou tiskovou formu a nízkoviskózní rychleschnoucí tiskové barvy, kterým je také uzpůsobena jednodušší konstrukce flexotiskové jednotky. Flexotisková jednotka se skládá z tlakového, formového a aniloxového válce. Přebytečná tisková barva je z povrchu aniloxového válce stírána pomocí stěrače (komorového nebo negativního). Flexotiskové formy mají podobu pryžových návleků nebo rovinných štočků. K montáži na formový válec se využívá oboustranně lepící páska nebo jsou štočky připevněny na návleky, které se nasazují na formový válec s nápomocí vzduchového polštáře, který je vytvářen stlačeným vzduchem. Tiskové jednotky jsou uspořádány v řadě za sebou nebo kolem společného centrálního tlakového válce. Za každou tiskovou jednotkou je sušící zařízení, které nanesenou tiskovou barvu na materiál usuší. Hlavní předností flexotisku je možnost potisku široké škály materiálů (savé, nesavé, materiály na bázi celulózy, polymerní folie, kovové fólie a různé kombinace materiálů) [8].

### 1.1.2 Typy kaučuků

Vývoj materiálů pro výrobu tiskových forem používaných ve flexotisku prošel dlouhým vývojem. První tiskové formy – pryžové štočky rychle nahradil fotopolymer a převládající fotopolymerní desky v posledních letech v menší míře nahrazují nové typy elastomerů. Tuto skutečnost pomineme-li vlastní vývoj materiálů urychluje především rychlý vývoj laserové techniky pro přímé gravírování. Elastomery se běžně vyrábějí tzv. vulkanizací tj. síťovacími reakcemi kaučukových směsí, kdy při těchto probíhajících reakcích vznikají pryže, vykazující odlišné vlastnosti. Během samotného procesu vulkanizace dochází za zvýšené teploty k reakci se sírou, či jinými vulkanizačními činidly a kaučuková směs přejde z plastického stavu do stavu elastického a dojde ke vzniku samotné pryže.

Pryžové formy musí splňovat celou řadu požadovaných vlastností, mezi které patří především: odolnost vůči opakované deformaci a tření během tisku, odolnost vůči všem složkám tiskové barvy a přípravkům pro mytí válců. V případě opakované zakázky by též měla vykazovat určitou stálost a životnost po dobu uložení.

Jako elastomery jsou nejvíce využívány materiály jako: NR, SBR, EPDM, NBR, silikonové pryže (MVQ). Elastomery obecně nabízejí širší paletu materiálů, lepší přenos barvy a lepší mechanické vlastnosti jako: tvrdost, elasticita, kompresibilita nebo tvarová deformace. Jednotlivé typy elastomerů však mezi sebou vykazují výraznější odlišnosti (EPDM – silikon). Fotopolymery v porovnání s elastomery takto širokou paletu vlastností nevykazují a tyto vlastnosti jsou proto nahrazovány použitím kompresibilní pásky [1,4]. Kaučuky patří k jednomu z nejvíce využívaných materiálů v gumárenském průmyslu a potažmo také

k jednomu z nejvíce používaných materiálů pro výrobu tiskových forem ve flexotisku. Při výběru vhodného typu kaučuku se nejčastěji pozornost věnuje ceně a vlastnostem, které lze upravit přísadami. Vlastnosti uvedené dodavatelem jsou nejčastěji uvedeny pro pryžové směsi. Při použití přísad je možné ovlivnit najednou více parametrů. Typickým příkladem je přidání sazí do kaučukových směsí, zlepšující mechanické vlastnosti pryží a zároveň odolnost vůči UV záření. Je třeba brát v potaz také kombinaci různých vlivů směsí, a tím pádem zohlednit i podmínky aplikace např. teplotu ve vztahu k deformaci. Mezi hlavní přednosti pryží patří jejich odolnost vůči tepelnému stárnutí. Pryž může vykazovat odlišné chování v závislosti na daném prostředí. Také mechanické vlastnosti pryží závisí na teplotě, avšak nevykazují tepelné stárnutí. Kaučukové směsi se vulkanizují za tlaku, který brání vzniku nežádoucích pórů na povrchu produktů vzniklých v důsledku vzniku plynných látek a vypařování vody. Vulkanizací dochází ke vzniku síťové polymerní struktury, díky čemuž pryže vykazují vysokou elasticitu. Reakcí kaučuku s vulkanizačním činidlem se vytváří prostorová síť. V této prostorové síti jsou makromolekuly kaučukového řetězce spojené příčnými vazbami. Mírou zastoupení těchto příčných vazeb a dále také vedlejšími produkty vzniklými v průběhu vulkanizační reakce jsou určeny vlastnosti pryže [2,5]. Mezi látky používané jako vulkanizační činidla lze zmínit například síru. V závislosti na použitém typu vulkanizačního činidla se používají různé typy urychlovačů vulkanizace. Tyto urychlovače zvyšují rychlost vulkanizace, snižují závislost rychlosti vulkanizace v závislosti na teplotě, umožňují upravovat průběh vulkanizace nebo zvětšují síťovací účinek vulkanizačního činidla. Mezi látky používané jako urychlovače lze zmínit například thiazol. Přidávají se také antidegradanty (plnicí ochranou funkcí hotového výrobku proti degradaci), antioxidanty (např. estery kyseliny fosforečné), vosky, plniva (k úpravě mechanických vlastností pryží, zvýšení modulu pružnosti, pevnosti nebo tvrdosti), změkčovadla (snižují tuhost kaučuku, zmenšuje mezimolekulární soudržnost řetězce kaučuků). Jako změkčovadla přidávána do kaučukových směsí se používají například látky ropného charakteru (oleje) [1].

Podle použití lze kaučuky rozdělit:

- syntetické pro všeobecné použití
- syntetické speciální (olejuvzdorné, teplotovzdorné)
- přírodní

## Syntetické pro všeobecné použití

Kaučuky pro všeobecné použití představují pryžové produkty používané v každodenní činnosti lidského života (součástky do automobilů, produkty v domácnostech, inženýrských aplikacích). Jsou běžně dostupné, za poměrně nízkou cenu a odebírány ve větších objemech. Z hlavních představitelů lze zmínit např. polymery butadienu [2,3]. Prvním krokem výrobního procesu syntetického kaučuku je polymerizace. Jedná se o chemickou reakci, při níž jsou malé molekuly (monomery) navzájem spojeny a tvoří velké molekuly (polymery) [2]. Ve vulkanizátech vykazují odolnost vůči oděru spojenou s nižší hysterezí, vysokou pevností a odrazovou pružností. Jedná o nenasycené látky (mají v hlavních řetězcích svých makromolekul dvojně vazby). Kvůli své nenasycenosti vykazují určité nevýhody jako je nižší odolnost vůči stárnutí nebo nízká odolnost vůči ozonu. Vulkanizace probíhá za přítomnosti síry. Jako plnivo se používají saze [3].

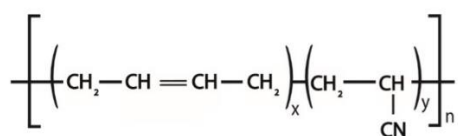
## Speciální Syntetické

Zvláštní skupinu představují speciální syntetické kaučuky mezi jejichž hlavní přednost patří odolnost vůči zvýšené teplotě, bobtnání, ozonu nebo povětrnostním vlivům.

- olejvzdorné (NBR)
  - teplovzdorné (silikonové)
- odolávají oxidaci

## OLEJUVZDORNÉ KAUČUKY

Olejvzdorné kaučuky jsou typické polárnějším charakterem a různou odolností vůči olejům. Platí pravidlo, že čím polárnější je olej, tím polárnější musí být kaučuk. Olejové barvy se ve flexotisku nepoužívají, lze je však použít v ofsetovém tisku. Důležitou vlastností, která je využívána je vliv polárnosti povrchu tiskových prvků na přenos různých typů tiskových barev. Při výrobě flexotiskových barev se využívá jediný zástupce z řad olejvzdorných kaučuků, a to butadienakrylonitrilový kaučuk (NBR) [1].

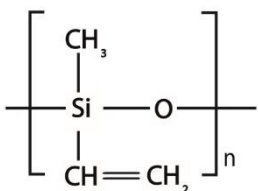


Obrázek č. 1: Strukturní vzorec Butadienakrylonitrilového kaučuku (NBR)

## TEPLOVZDORNÉ KAUKČUKY

Pro výrobu flexotiskových forem je mezi teplovzdornými kaučuky nejvíce využíván silikonový kaučuk (MVQ). Olejvzdorné a teplovzdorné kaučuky určují konečné vlastnosti pryží.

### Silikonový kaučuk (MVQ)



Silikonové kaučuky jsou specifické především kvůli své malé závislosti fyzikálních vlastností na teplotě v teplotním rozmezí od -60 do + 180 °C. Toto chování je podmíněno malou mezimolekulární soudružností řetězců silikonových kaučuků, což vede k horším fyzikálním vlastnostem těchto vulkanizátů (při

Obrázek č. 2: Strukturní vzorec Silikonového kaučuku (MVQ)

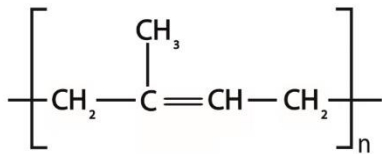
běžných teplotách). Jejich uplatnění je proto využíváno především tam, kde je

potřeba zvýšená odolnost vůči teplotě. V suchém prostředí mají speciální silikonové pryže dlouhodobou odolnost při teplotě do 180 °C. Mezi další vlastnosti patří částečná odolnost vůči bobtnání v olejích. Silikonové kaučuky mají poměrně široké využití, od kabelářského průmyslu, kde plní funkci izolace vodičů, přes stavebnictví až po využití v lékařství jako implantáty nebo jako kontaktní oční čočky. Ze zástupců silikonových kaučuků lze zmínit například vinylmethylpolysiloxan (VMQ). Mezi hlavní výhody VMQ patří dobrá tepelná stabilita a možnost vyrábění silikonových pryží s odolností až do teploty 200 °C [3,1].

### Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuky se posledních 60 let zhotovovaly stejným způsobem, avšak postupem času se započalo se zaváděním nejrůznějších zlepšení. Cílem těchto zlepšení je zachování stávajících vyhovujících vlastností kaučuku obsaženého v latexu, odstranění nedostatků ve zpracování a zlepšení ekonomiky zemí produkujících kaučuk. Přírodní kaučuk se shromažďuje v hotové polymerizované formě. S modernizací těžby byl zaveden nový způsob výroby kaučuku. Při tomto postupu se nejprve koagulovaný kaučuk převede na drobné částice (molekuly jsou fyzicky nebo chemicky rozdrčeny), ty se dále perou, rychle suší teplým vzduchem, slisují se a balí se do polyethylenových obalů, které poskytují nižší váhu balíku, snadnější manipulaci i uskladnění a menší konzistenci kaučukové směsi. Většinu syntetických kaučuků není nutno tímto způsobem zhotovovat, jelikož jsou vyrobeny z kratších molekul. Mezi další výhody práce s drtí patří výroba kaučuku, který je nastavovaný olejem přímo na plantážích. Tento typ kaučuku je využíván především pro výrobu pneumatik [2,3].

## Přírodní kaučuk (NR)



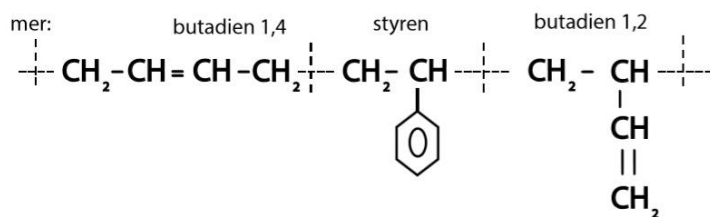
Tento přírodní kaučuk je jediný nesyntetický kaučuk extrahovaný ze šťávy stromu *Hevea Brasiliensis* čeledi Euphorbiaceae (pryšcovité), Přírodní kaučuk se získává z latexu. Latex může být koncentrován odstředěním nebo upraven do podoby hladké pasty.

Obrázek č. 3: Strukturní vzorec přírodního kaučuku (NR)

Vylisován do formy bloků nebo granulátů, poté vysušen. [6,1,2,3,5].

## Butadien-styrenové kaučuky (SBR)

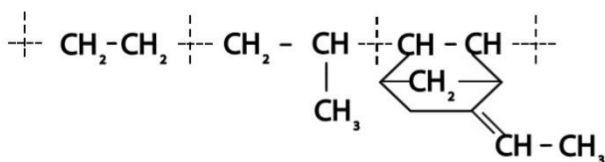
Jedná se o statický kopolymer, obsahující 23 až 25% styrenu. Dnes jsou butadien-styrenové kaučuky vyráběny emulzní nebo roztokovou polymerací [2].



Obrázek č. 4: Strukturní vzorec Butadien-styrenového kaučuku (SBR)

## Ethylenpropylenové kaučuky (EPDM)

Ethylenpropylenové kaučuky jsou nejčastěji vyráběny roztokovou kopolymerizací ethylenu s propylenem (monomery) [3]. Tento typ kaučuku neobsahuje dvojně vazby na hlavním řetězci nýbrž na postranních



Obrázek č. 5: Strukturní vzorec Ethylen-propylenového kaučuku (EPDM)

substituentech a jejich hlavní řetězec je plně nenasycený.

Mezi hlavní výhody patří dobrá tepelná odolnost, odolnost vůči oxidaci, ozonu, povětrnostním vlivům a malá trvalá deformace vulkanizátů. Pokud jsou správně

pigmentovány, vykazují dlouhotrvající, kvalitní barevnou stálost [1,2,3].

### 1.1.3 Příprava kaučukové směsi

Prvním krokem je zpracování kaučuků a následná příprava kaučukových směsí, které se připravují v tlakových hnětačích, kam se nasypou veškeré komponenty násypkou. Po uhnětení směs vychází spodem hnětačích a postupuje do válčovacího zařízení, aby byla následně kaučuková směs vyválčována do pásů kaučukových směsí. Pásy kaučukové směsi se následně oříznou v nepravidelných okrajích a poté jsou navinuty na papírovou silnostěnnou dutinku. Mezi každou vrstvu se pak vkládá pás polyethylenové fólie aby se předešlo slepování jednotlivých vrstev [1].

### 1.1.4 Příprava návleků včetně vulkanizace a opracování povrchu pryže

Tiskové formy ve flexotisku mohou mít podobu štočků, kompaktních válců nebo návleků. V posledních letech se ve flexotisku začínají uplatňovat zejména tiskové formy, které mají podobu pryžových návleků a zhotovují se tzv. „na kulato“. Právě v povrchové vrstvě tiskových návleků vzniká reliéfní tisková forma. Jejich využití ve flexotisku umožňuje zhotovení nekonečných tisků nebo menší náklady na výrobu tiskové formy. Při zhotovení návleků „na kulato“ se využívá návlek s elastomerem pro přímou gravuru. Tento postup je velmi náročný, jak na zhotovení, tak i cenu a částečně brání jejich plnému využití. K jejich plnému využití je potřeba vybalancovat poměr mezi náklady za pryžové návleky a fotopolymerní desku. Tyto pryžové návleky pak lze rozdělit na slabostěnné (3-5 mm) a silnostěnné (5-15 mm). Samotný návlek se pak skládá z jádra z odolného a rozměrově stálého materiálu (kompozitních materiálů apod.), které musí být vyrobeny s maximální přesností, především pak u tenkostěnných návleků je potřeba vyvarovat se jakýchkoliv nerovností povrchu, které by se negativně projevíly během tisku. Druhou částí návleku je elastomer. [1,8]

Elastomerní tiskové formy se zhotovují nejběžněji ze styren-butadienových pryží (SBR), silikonových pryží, butadien-akrylonitrilových pryží (NBR) a jejich směsí a ethylenpropylenových pryží (EPDM). Příprava elastomerních tiskových forem se provádí vulkanizací (tj. sesít'ováním) kaučuku a následnou reakcí se sírou za zvýšené teploty a tlaku, poté se u hotového produktu proměří povrchová energie udávající smáčivost povrchu. Pokud hotové formy vykazují nepolární charakter s nízkou povrchovou energií, budou smáčeny špatně, a naopak, pokud bude povrchová energie vysoká, budou smáčeny dobře. K lepší smáčivosti povrchu se provádí fyzikální a chemické úpravy, avšak již dříve provedená měření ukázala, že chemická ani fyzikální úprava nemá pro tento účel výraznější užitek. Fyzikálním způsobem se mění chemická struktura povrchu, chemickým způsobem se zase změní struktura, či chemické složení reakcí s konkrétním chemickým roztokem. Dalším způsobem úpravy povrchu může být míchání několika

typů pryží navzájem, případně mírné modifikace při výrobě. Mezi nejvíce používané povrchové úpravy patří úprava plazmou, laserem nebo halogenací [1,4,7,8].

### **1.1.5 Chemické a fyzikální úpravy povrchu pryže – málo účinné a velmi složité**

Chemická modifikace patří mezi jedny z nejpoužívanějších modifikací, ne vždy však splňuje podmínky bezpečného užívání, a to především z pohledu ekologického, při němž mohou vznikat a dále unikat do ovzduší nebezpečné látky (př. chlor). Dobře lze modifikovat např. přírodní kaučuk (NR) a to kvůli jeho fixované cis-polyizoprenové struktuře, nabízí též vhodné skupiny pro modifikaci. Chemicky lze dobře modifikovat také syntetické kaučuky, kdy modifikací získáme vlastnosti jako vysoká pevnost, odolnost vůči bobtnání nebo zvýšeným teplotám. Z těchto úprav, které probíhají přímo u výrobce lze zmínit například modifikaci přírodních kaučuků pomocí fenolformaldehydové pryskyřice a další úpravy, jak je popsáno v následujících pracích [1,4,11,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,25]. Chemicky lze modifikovat také plniva a to například změnou interakce mezi plnivem a kaučukem, dodáním různých funkčních skupin nebo změnou jejich povrchové energie, změnou tvaru částic případně pH. Lze také upravovat již hotové pryže, kdy se chemická modifikace provádí v tenké vrstvě na povrchu. Všechny tyto postupy jsou poměrně náročné, a to jak na potřebné vybavení, tak na samotnou nutnost úpravy povrchu těsně před tiskem, proto tyto postupy nejsou pro polygrafii příliš vhodné [1,4,7,13].

Fyzikální modifikace kaučuků se využívají především k úpravě povrchů pryží, které před úpravou vykazují nízkou povrchovou energii, a tedy špatně smáčí tiskovou barvu. Mezi nejvíce používané postupy patří úprava pomocí plamene, plasmy (např. atmosférická i nízkotlaká), koronovým výbojem, UV zářením, iontovými částicemi, laserem, svazkem urychlených elektronů nebo gama paprsky. Nevýhodou je postupná degradace této povrchové úpravy s časem. Nejjednodušší formou fyzikální modifikace povrchu je úprava drsnosti povrchu, která má výrazný vliv na přenos tiskové barvy. Tuto úpravu je však nutné provádět přiměřeně jelikož nadměrná drsnost povrchu může zhoršit vlastnosti tiskové formy. Hlavní výhodou této techniky je minimální dopad na životní prostředí [1,4,11].

### **1.1.6 Nejúčinnější je úprava receptury kaučukové směsi – může se měnit mnoho vlastností pryže, je to jednoduché se spoustou variant**

Plniva jsou malé částice, které lze dobře dispergovat v kaučukové směsi. Lze je rozdělit na saze, světlá plniva, ztužující, polo ztužující a neztužující. Elastomery lze zpevňovat částicovým plnivem, tento proces, pak závisí na fyzické interakci mezi plnivem a pryžovou maticí. Záleží také na povrchové energii,



aktivních funkčních skupinách nebo na krystalických strukturách povrchu plniva, které jsou energeticky odlišné. Saze obsahují látky jako uhlík, kyslík, dusík, vodík nebo síru. U sazí se upravuje povrchová energie. Dochází ke změně pH, změně tvaru a aglomeraci částic, pokud je modifikujeme polárními kyselinami (to je způsobeno skupinami vzniklými na povrchu černi během jejího zpracování). Dále se využívá např. modifikace pomocí směsí kaučuků, modifikace peroxidy nebo chemická modifikace povrchu pryží [1,11].

## **2. Vypalování pryžových návleků**

Příprava tiskových forem dnes probíhá pomocí CtP technologie, kdy se reliéf přímo vypaluje pomocí laseru. Lze vypalovat tiskové formy, které mají tvar návleků, ale i formy typu kompaktních válců nebo štočky. Zařízení pro vypalování tiskových forem se skládá z vypalovací jednotky, zdroje záření, válce s tiskovou formou, akustického modulátoru, řídicí jednotky (počítače) a odsávání. Vypalovací jednotky jsou nejčastěji konstruovány jako vnější bublen.

Vypalování forem se provádí plynovým CO<sub>2</sub> laserem (vlnová délka záření 10,6 μm, výkon 1-2,5 kW) nebo vláknovým laserem (vlnová délka 1,11 μm). Pomocí optiky ve vypalovací hlavě se paprsek laseru směřuje na povrch formy, která se otáčí a vypalovací hlava se posouvá ve směru osy a obraz vzniká po spirále. Laserový paprsek spolu s vysokou teplotou působící na vznikající formu zapříčiňuje převod exponovaných míst materiálu z části do plynného stavu a z části se uvolňuje ve formě pevných částic, které se odsávají. Poslední fází procesu je očištění povrchu od nečistot [8].

### **2.1 Výhody a nevýhody pryžových návleků pro flexotisk**

Mezi hlavní výhody pryžových návleků patří vysoká elasticita, která zajistí dobrý kontakt s potiskovaným materiálem, odolnost vůči opakovaným deformacím, odolnost vůči působení tiskových barev a mycích přípravků, široký sortiment kaučukových směsí, možnost nekonečného tisku. U malého počtu kaučukových směsí hrozí nebezpečí slepení i v případě, že se vkládá strukturovaná polyethylenová folie mezi jednotlivé vrstvy. Další nevýhodu představují podmínky pro uložení kaučukových směsí, jelikož v důsledku vyšší teploty může snadno dojít k částečné vulkanizaci směsi.

### 3. POVRCHOVÉ NAPĚTÍ KAPALIN

Povrchové napětí ( $\gamma$ ), jednotkou mN/m výrazně ovlivňuje, jak kvalitní bude výsledný tisk. Je kritériem určujícím adhezi tiskové barvy, lepidel, laků a dalších nátěrů k tiskovému substrátu. Pro dobrou adhezi je důležité, aby kapalina daný povrch potiskovaného materiálu smáčela a ulpěla na jeho povrchu i po vytvrzení nebo zaschnutí. Ke vzniku povrchového napětí kapalin dochází na rozhraní dvou prostředí a to vody/vzduchu. Molekuly kapaliny jsou zde vystaveny působení přitažlivých mezimolekulárních sil pouze jednostranně. Na rozhraní těchto dvou fází vzniká v důsledku těchto sil tenká blána s tloušťkou  $10^{-9}$  až  $10^{-8}$  m, která má tendenci sevřít kapalinu, tak aby vykazovala co nejmenší povrch a nejušpornější energetický stav. V důsledku toho pak vzniká objekt tvaru koule, který by se měl jevit jako nejideálnější, avšak v důsledku působení gravitační síly, se jako ideální nejeví. To je způsobeno silou ( $F$ ), působící v tečné rovině k povrchu kapaliny ( $l$ ). Jednotkou povrchového napětí kapalin je tedy síla působící na jednotku délky N/m [28]. Při zvětšení povrchu kapaliny je vykonávána práce odpovídající nárůstu volné povrchové energii. Povrchové napětí a povrchová energie si navzájem odpovídají [30]. Povrchové napětí se pak vypočte dle následující rovnice (vzorec 1).

$$\gamma = \frac{dF^{\rightarrow}}{dl} \quad (1)$$

#### Měření povrchového napětí

Na základě skupenského stavu měřených látek se volí konkrétní metoda stanovení povrchového napětí. Využívají se jak přímé měřicí metody pro měření kapalin přímo, tak metody nepřímé, určené k měření pevných látek, a to srovnávacími metodami. Metody pro měření povrchového napětí kapalin lze rozdělit na statické, semistatické a dynamické [30].

#### Statické metody

Sledují ustálený stav v rovnováze. Výsledkem měření jsou rovnovážné hodnoty povrchového napětí, které jsou velmi důležité u studia roztoků. Složení roztoků není stejné jako složení objemových fází. Pro ustanovení rovnováhy je potřeba určitá doba, ta však u rychle se obnovujících povrchů není dostatečná. V momentě ustanovení rovnováhy, jsou hodnoty povrchového napětí nezávislé na čase, ideálně pak nezávislé na způsobu, jakým byly měřeny [30]. Mezi nejvíce používané metody patří:

- metoda měření vzestupu kapaliny na svislé desce
- metoda rotující kapky
- metoda kapilární elevace
- metoda vyznačování Wilhelmyho destičky
- analýza profilu kapek a bublin

### **Semistatické metody**

Opět sledují ustálený stav v rovnováze, výjimkou je však získání nestabilních rovnovážných hodnot povrchového napětí. Volí se zde optimální rychlost pro dosažení rovnovážného stavu, tak aby doba měření nebyla příliš dlouhá. [30]. Lze zde zařadit následující metody:

- metoda odtrhávání prstence
- metoda maximálního přetlaku v bublině
- metoda stalagmometrická

### **Metoda odtrhávání prstence (Du Noüy Ring)**

Jedná se o historicky první metodu, určenou ke stanovení povrchového napětí. Lze jí měřit jak statické, tak mezipovrchové napětí. Samotná metoda spočívá v měření síly, která je potřebná k přetržení povrchové fáze kapaliny. Měření probíhá pomocí Tenzitometru, který je tvořen prstencem z tenkého, platinového drátku, dobře smáčeného kapalinou. Samotný proces měření probíhá následovně: prstenek je zavěšen na rameni torozních vah, pod kterými se na nosné desce nachází nádoba s měřenou kapalinou, která je schopná vykonávat pohyb nahoru a dolů. Nejprve je prstenek ponořen do kapaliny, těsně pod povrchem a nádobka s měřenou kapalinou se pomalu pohybuje směrem dolů až dokud nedojde k oddělení prstence od hladiny kapaliny. Síla, která byla vynaložena na odtržení prstence od povrchu kapaliny je rovna povrchovému napětí, které je násobeno délkou obvodu prstence [30]. Takto změřené povrchové napětí pak lze vyjádřit následující rovnicí (rovnice 3)

$$\gamma = \frac{F}{4\pi R} \cdot \Phi$$

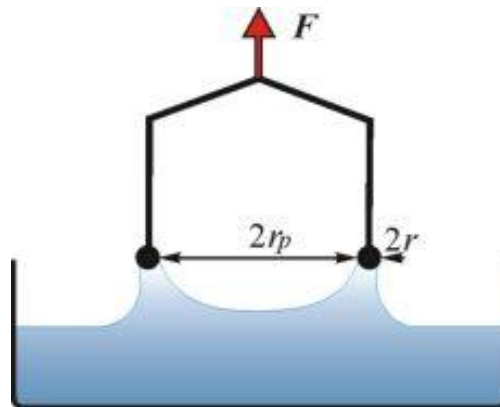
(3)

$\gamma$  – povrchové napětí kapaliny

F – síla nutná k odtržení prstence od povrchu kapaliny

$\Phi$  – korelační faktor, závisející na hustotě kapaliny a rozměrech prstence

R – poloměr prstence



Obrázek č. 6: Princip metody Du Noüy Ring

### Dynamické metody

Tento typ metod je využíván především pro měření povrchů kapalin, které nejsou v rovnováze a pro studium rychlosti ustavení rovnovážného stavu povrchu [30]. Lze zde zařadit:

- sledování kapilárního vlnění na fázovém rozhraní
- metodu oscilující kapky
- metodu oscilujícího proudu kapaliny

#### 3.1.1 POVRCHOVÁ ENERGIE PEVNÝCH LÁTEK

V pevných látkách jsou molekuly málo pohyblivé, nekonají translační pohyb a rotační pohyb vykonávají jen v omezené míře, vibrují však kolem svých rovnovážných poloh. Toto je důvod toho, že pevná látka nemůže dosáhnout tvaru s co nejmenším povrchem, tak jako u kapalin. Povrch pevných látek je nehomogenní a nerovný, tudíž velikost kohezních sil se nemění od jednoho místa k druhému, což je způsobeno právě kvůli nepohyblivosti pevných částic. Druh kohezních sil působící uvnitř látek, má vliv na to, zda má povrchové napětí polární nebo nepolární charakter. Povrchové napětí nepolárního charakteru nastává u nepolárních látek, v nichž jsou částice navzájem vázány slabými vazbami.

Povrchové napětí aditivního charakteru, obsahující kromě disperzní složky také složku polární se projevuje v případě, že uvnitř látky působí kromě disperzních sil, další síly polárního charakteru. To lze vyjádřit následující rovnicí (rovnice 2) [30].

$$\gamma = \gamma^d + \gamma^p, \tag{2}$$

$\gamma^d$  – disperzní složka povrchového napětí

$\gamma^p$  – polární složka povrchového napětí,

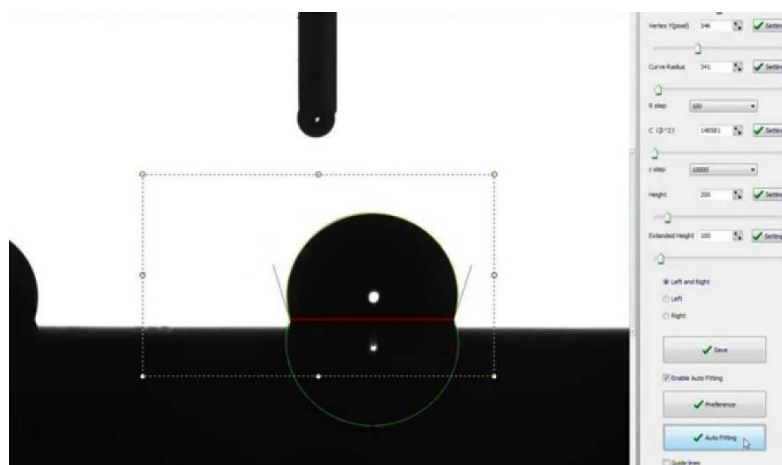
Na základě disperzní a polární složky povrchové energie je možné posuzovat polaritu povrchu látek. Pro měření povrchového napětí pevných látek existuje vícero metod, které se volí podle tvaru daného materiálu. U pevných látek nelze měřit povrchové napětí přímo, proto se provádí nepřímé měření pomocí kapalin, které mají známé povrchové napětí [30]. Mezi metody pro stanovení pevných látek lze zařadit:

- metoda Dynamic Wilhelmy
- metoda přisedlé kapky
- měření pomocí testovacích kapalin
- metoda Single Fiber Wilhelmy
- metoda Powder Contact Angle

### **Metoda přisedlé kapky**

Při této metodě se měří kontaktní úhel kapky dané kapaliny, rozprostřené na povrchu daného materiálu. Výsledkem měření je kromě povrchového napětí také jeho disperzní a polární složka. Měření probíhá pomocí speciálního optického přístroje, který sleduje chování kapky na povrchu a poté softwarově vyhodnocuje kontaktní úhel v závislosti na čase. Proces spočívá v umístění kapaliny o známém povrchovém napětí (H<sub>2</sub>O, ethylenglykol, diiodmethan, formamid) na povrchu daného materiálu, která se umístí do optického přístroje. Velmi důležité je zbavit povrch materiálu jakýchkoliv nečistot, které by mohly způsobit prudkou změnu smáčení. Další operací je odstranění statického náboje pomocí ionizátoru u nevodivých materiálů abychom zabránili odpuzování kapaliny povrchem. Další podmínkou je vytvoření, co nejmenšího tvaru kapky, to však lze ovlivnit jen do jisté míry, jelikož

velikost kapky je dána hustou dané kapaliny. Kapka je poté promítnuta na optiku pomocí infračervené diody. Na protější straně infračervené diody se nachází kamera, která předává informace do počítače. V momentě ustanovení rovnováhy se provede analýza pomocí softwaru. Výsledkem je konkrétní hodnota kontaktního úhlu, ze které se vypočte povrchová energie. Stanovení povrchové energie testovacími kapalinami je možné pouze u hladkých povrchů, bez pórů jejichž povrch může být upravený. Hodnotí především povrchové vlastnosti polymerních materiálů nebo výtisku na kvalitních materiálech [30].



Obrázek č. 7: Měření kontaktního úhlu kapky kapaliny

## 4.1 Flexotiskové barvy

V současnosti patří flexotisk mezi jednu z nejvíce používaných tiskových technik, a to především díky rozvíjícímu se obalovému průmyslu, který sebou nese zvýšené nároky na kvalitu tisku především obalového materiálu. Tisková barva ve flexotisku se přenáší v množství závislém na objemu jamek aniloxového válce. Obecně by se ve flexotisku mělo pracovat, s co nejmenším množstvím barvy. Flexotiskové barvy lze rozdělit podle způsobu aplikace nebo podle složení. Hlavním rozdílem je použité rozpouštědlo, podle kterého se dále dělí na tiskové barvy rozpouštědlové (rozpouštědlem jsou organické látky jako například alkoholy) a disperzní (rozpouštědlem je voda, někdy s nízkým přídavkem alkoholu) [12]. Disperzní barvy jsou využívány spíše pro potisk savého materiálu jako je lepenka nebo karton. Tyto materiály dobře adsorbují nanesený barvový film a podporují jeho schnutí. Čím více je materiál natíraný, tím se adsorpční schopnost snižuje a zvyšují se také nároky barvy na rychlost zasychání a smáčení. Při

výběru tiskové barvy rozhoduje charakter potiskovaného materiálu. Mezi nejvíce používané barvy ve flexotisku patří barvy na bázi organických rozpouštědel, a to především díky vysoké adhezi a rychlému schnutí na nesavých materiálech. Rychlé schnutí je zabezpečeno odpařováním organických rozpouštědel a částečné polymeraci tiskové barvy. Mezi hlavní nevýhody tiskových barev na bázi organických rozpouštědel patří ekologický aspekt a aspekt bezpečnosti práce. Tiskárny, které používají rozpouštědlové barvy konkurují ostatním tiskárnám především díky vysoké kvalitě potisku nejrůznějších plastických hmot nebo kovových povrchů, které vyžadují vyšší lesk, vyšší rychlost tisku nebo dostatečnou odolnost vůči oděru [12,27].

Flexotiskové barvy jsou složeny ze čtyřech základních skupin:

- a) POJIVO - přírodní nebo syntetické pryskyřice 20-23%
  - umožňuje přenést tiskovou barvu na potiskovaný materiál a zároveň zabezpečuje, aby barva na povrchu držela
- b) BARVOVÉ SLOŽKY – pigmenty (organické 10-18%, anorganické 30-45%), barviva
- c) ORGANICKÉ ROZPOUŠTĚDLA (60–70 %)
- d) ADITIVA (tenzidy, dispergační činidla, látky k úpravě pH, maziva, fungicidy, odpěňovače)

## **DISPERZNÍ (VODOVÉ) TISKOVÉ BARVY**

Používány pro potisk savých materiálů jako papír, karton nebo lepenka. Kvalita tisku nedosahuje takové kvality jako u rozpouštědlových barev, a to hlavně kvůli vyšším kritériím spojeným s potiskem plastů nebo kovů (dobrá odolnost, dostatečný lesk nebo vyšší rychlost tisku). Mezi hlavní výhodu patří možnost opětovného použití zbytkových barev, které se přimíchávají do barev nových. V minulosti byl problém s mytím těchto barev, který je dnes již vyřešen. Při zasychání barev dochází k reverzibilnímu propojení pryskyřic, které mohou být v zásaditých funkčních skupinách, v kyselém prostředí a je proto možné jejich zmýdelnění (kyselinou mléčnou, která se při zasychání barev neodpařuje) nebo v kyselých funkčních skupinách, kde jejich zmýdelnění proběhne v zásaditém prostředí (působením kyseliny dusičné). To je hlavním důvodem, proč jsou barvy lehce rozpustné ve vodě a jiných organických rozpouštědlech [12].

Složení:

- Pojivo: ve vodě rozpustný polymer (např. styren-maleinanhydrid), syntetické pryskyřice (akrylátové na bázi voní disperze)
- Pigmenty a barviva: cca 20%
- Ředidlo: voda, voda + alkohol do 5% (ethanol)
- Aditiva: povrchově aktivní látky

## **ROZPOUŠTĚDLOVÉ (LIHOVÉ) TISKOVÉ BARVY**

Rozpouštědlová barva není rozpustná ve vodě, je velmi hořlavá, vyžaduje opatrnou manipulaci (nesmí být vystavena mrazu nebo přímému slunečnímu záření). Pojivo u lihových barev by mělo být dobře rozpustné v organických rozpouštědlech. Jako pojivo s využívají směsi pryskyřic (přírodní nebo umělé) s rozdílnými vlastnostmi. Mezi v současnosti používanější umělé pryskyřice lze zařadit například Nitrocelulózu. Další složkou rozpouštědlových tiskových barev jsou těkavá, hořlavá organická rozpouštědla, mezi které lze zařadit: estery (ethylacetát), alkoholy (ethanol nebo methoxypropanol) [12].

Složení:

- Pojivo: syntetické pryskyřice 20 % (polyamidové pryskyřice, nitrocelulóza)
- Pigmenty a barviva: cca 15%
- Rozpouštědlo: ethanol, methoxypropanol (60 %)
- Aditiva: odolnost vůči oděru, adheze k potiskovanému materiálu

-



## 5. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 5.1 Experimentální materiál

Účelem této práce bylo zjistit, jaký vliv má povrchová energie na přenos disperzních a lihových flexotiskových barev na různé typy potiskovaných materiálů. Na základě naměřených a následně vyhodnocených výsledků, vybrat nejvhodnější kombinaci pro dokonalý přenos flexotiskové barvy.

K potisku disperzními a rozpouštědlovými barvami bylo použito šest druhů potiskovaných materiálů, dodaných Obchodní Tiskárnou Kolín a.s. Jednalo se o následující materiály: polyethylenová koextrudovaná, polyesterová, polypropylenová, polypropylenová biaxiálně orientovaná fólie, z toho polypropylenová a polyethylenová koextrudovaná fólie byly vzaty jak z povrchově upravené, tak neupravené strany archu. Z těchto fólií se následně připravily vzorky o rozměrech 13 x 30 cm pomocí speciálního řezacího zařízení a následně byly jednotlivé sady (1 sada po 18 vzorcích) přilepeny pomocí lepící pásky na kotoučový etiketový papír Sigmakraft RTC Burgo firmoy Burgo Group Spa z Itálie. Takto připravené role se poté potiskly disperzní a rozpouštědlovou barvou. Parametry potiskovaných materiálů dodané spolu s výrobními archy jsou uvedeny níže.

#### 5.1.1 POTISKOVANÝ MATERIÁL

##### PET 12 (Sarafil S56 Polyesterová folie)

Chemicky upravená polyesterová folie, navržená ke zlepšení přilnavosti různých typů barev a nátěrů. Na jedné straně opatřená metalizovanou povrchovou vrstvou, která vykazuje zvýšenou přilnavost kovu. Není vhodná k úpravě laminací, která by měla být odolná vůči pasterizaci, vroucí vodě nebo sterilizaci párou.

**Využití: u flexibilních obalů a metalických aplikacích vyžadujících zvýšenou pevnost vazby a vysokou adhezi**

**Plošná hmotnost (g/m<sup>2</sup>): 16,8**

**Tlušťka (μm): 12**

### **PP 30 cast**

Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie, tvořená kombinací vrstev stejných nebo různých polymerů. Vykazuje dobrou opracovatelnost, optimální mechanickou odolnost, vynikající optické vlastnosti, je antistatická z vnější strany upravena korunou. Při práci s fólií byla využita, jak povrchově upravená, tak neupravená strana.

**Využití: vhodná pro laminaci a tiskové aplikace**

**Plošná hmotnost (g/m<sup>2</sup>): 28,5**

**Tlumošťka (μm): 30**

### **PE60**

Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná, zpevněná HD, transparentní fólie s antistatickou úpravou. Při práci s fólií byla využita, jak povrchově upravená, tak neupravená strana

**Plošná hmotnost (g/m<sup>2</sup>): 92,4 – 92,6**

**Tlumošťka (μm): 60**

## **5.1.2 Tiskové formy**

Celkově bylo při práci testováno 53 vzorků návléků, z toho každá řada sleeveů byla k dispozici ve třech vzorcích. Vzorky byly dodány firmou LIGUM spol. s.r.o. Jablonec nad Nisou. Všechny tiskové formy (kromě červených a modrých), měly černou barvu. Jejich přehled a vlastnosti jsou uvedeny v tabulce níže.

Přiz	Název vzorku	Tvrđost	Ra( $\mu\text{m}$ )	Rz( $\mu\text{m}$ )	Rq
SBR	B600-52	60	0,56	4,42	0,73
	B600-52	60	0,56	4,42	0,73
	B600-52	60	0,56	4,42	0,73
	B60102	60	0,42	3,09	0,56
	B60102	60	0,42	3,09	0,56
	B60102	60	0,42	3,09	0,56
	9612-801	60	0,44	2,06	0,55
	9612-801	60	0,44	2,06	0,55
	9612-801	60	0,44	2,06	0,55
SBR+EPDM	BA7ABZ	65	0,31	2,21	0,39
	BA7ABZ	65	0,31	2,21	0,39
	BA7ABZ	65	0,31	2,21	0,39
	H2342A	65	0,34	1,46	0,42
	H2342A	65	0,34	1,46	0,42
	H2342A	65	0,34	1,46	0,42
	H2342D	65	0,46	1,99	0,58
	H2342D	65	0,46	1,99	0,58
	H2342D	65	0,46	1,99	0,58
EPDM	D65201	65	0,49	3,44	0,61
	D65201	65	0,49	3,44	0,61
	D65201	65	0,49	3,44	0,61
	D65701	65	0,33	1,44	0,42
	D65701	65	0,33	1,44	0,42
	D65701	65	0,33	1,44	0,42
	D70001	70	0,36	1,54	0,46
	D70001	70	0,36	1,54	0,46
	D70001	70	0,36	1,54	0,46
	H2263F	65	0,23	0,92	0,28
	H2263F	65	0,23	0,92	0,28
	H2263F	65	0,23	0,92	0,28
SILIKON + EPDM	ZPDZ17112	70	0,36	2	0,43
	ZPDZ17112	70	0,36	2	0,43
	ZPDZ17112	70	0,47	3,88	0,61
	ZPDZ17111	70	0,33	1,4	0,41
	ZPDZ17111	70	0,33	1,4	0,41
	ZPDZ17111	70	0,33	1,4	0,41
	ZPDZ17113	70	0,31	2,03	0,38
	ZPDZ17113	70	0,31	2,03	0,38
	ZPDZ17113	70	0,31	2,03	0,38
	ZPDZ17110	70	0,38	1,6	0,46
	ZPDZ17110	70	0,38	1,6	0,46
	ZPDZ17110	70	0,38	1,6	0,46
	ZPDZ17109	70	0,47	3,88	0,61
	ZPDZ17109	70	0,47	3,88	0,61
	ZPDZ17109	70	0,47	3,88	0,61
	ZPDZ17108	70	0,45	2,06	0,53
	ZPDZ17108	70	0,45	2,06	0,53
	ZPDZ17108	70	0,45	2,06	0,53
SILIKON	ZPDZ 16-02-17-01	70	0,57	2,21	0,71
	ZPDZ 16-02-17-01	70	0,57	2,21	0,71

Tabulka 1 parametry pryřových návleků

### 5.1.3 Flexotiskové barvy

#### Disperzní barva

Obchodní název barvy: PremoFilm SXS/2

Výrobce: Flint Group

Ředění: destilovaná voda 1:1 ethanol

Konzistence: 0'30"

#### Rozpouštědlová (lihová barva)

Obchodní název barvy: NitroBase WZ64

Výrobce: Flint Group

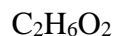
Ředění: zpomalovač 2:1 ředidlo

Konzistence: 0'17"

### 5.1.4 Testovací kapaliny

Testovací kapaliny byly využívány ke zjišťování povrchového napětí pevných materiálů. Tyto testovací kapaliny jsou dodávány ve formě roztoků v označených lahvičkách nebo mohou mít podobu propisovačů s definovaným povrchovým napětím. Zjišťování povrchového napětí spočívá v nanesení kapičky toho roztoku na povrch daného substrátu pipetou nebo štětečkem, případně propisovače pak tahem po substrátu. Udává se, že přesnost těchto způsobů měření je 1 mN/m. Měření je pak vyhodnocováno vizuálním pozorováním chování testovací kapaliny na povrchu substrátu. Pokud se kapalina na povrchu substrátu slije v jeden celek, pak je povrchové napětí substrátu nižší, než povrchové napětí testovací kapaliny, pokud zůstane nezměněna nebo se rozteče je povrchové napětí stejné nebo vyšší jako testovací kapalina [30].

### **ETHYLENGLYKOL (Ethan-1,2- diol)**



Molární hmotnost: 62,07 g/mol

Hustota (při 25 °C): 1113 g/cm<sup>3</sup>

Povrchové napětí (při 25 °C): 48 mN/m

Teplota varu: 197,4 °C

Teplota tání: -13 °C

Polární složka 19 mN/m

Disperzní složka 29 mN/m

### **FORMAMID (Amid kyseliny mravenčí)**



Molární hmotnost: 45,04 g/mol

Hustota (při 25 °C): 1,134 g/cm<sup>3</sup>

Povrchové napětí (při 25 °C): 58 mN/m

Teplota varu: 210 °C

Teplota tání: 2-3 °C

Polární složka 19 mN/m

Disperzní složka 39 mN/m

### **DIJODMETHAN**



Molární hmotnost: 267,84 g/mol

Hustota (při 20 °C): 3,3 g/cm<sup>3</sup>

Povrchové napětí (při 25 °C): 50,8 mN/m

Teplota varu: 181 °C

Teplota tání: 6 °C

Polární složka 0 mN/m

Disperzní složka 50,8 mN/m

## VODA

H<sub>2</sub>O

Molární hmotnost: 18,02 g/mol

Hustota (při 20 °C): 1 g/cm<sup>3</sup>

Povrchové napětí (při 25 °C): 72,8 mN/m

Teplota varu: 100 °C

Teplota tání: 0 °C

Polární složka 21,8 mN/m

Disperzní složka 51 mN/m

## 5.2. EXPERIMENTÁLNÍ PŘÍSTROJE

### **TENZIOMETR K6 (KRÜSS) s Pt-Ir prstencem**

Povrchové napětí disperzních a lihových flexotiskových tiskových barev bylo naměřeno pomocí Tenziometru K6. Princip měření pomocí tenzitometru, založený na Du Noüy metodě odtrhávání prstence je popsán v teoretické části.



Obrázek č. 8: Tenzitometr K6 (KRÜSS) s Pt-Ir prstencem

### **PŘÍSTROJ PRO MĚŘENÍ KONTAKTNÍHO ÚHLU KSV CAM 100 (KSV INSTRUMENT)**

Měření kontaktního úhlu testovacích kapalin bylo provedeno pomocí zařízení Cam 100, který je složen z manuálního dávkovače kapalin (jemný dávkovací šroub), He-Ne diody, ovládacími prvky pro umístění kapky, kamery určené ke snímání kapky a v neposlední řadě programem CAM 100 f pro softwarové vyhodnocení polohy tečny k povrchu kapky. Princip software spočívá v matematické analýze obrazu kapky a následném vypočtení kontaktního úhlu, vzniklým mezi tečnou k obrazu kapky a místem styku s pevnou fází. Software určí pravý a levý úhel a poté vypočte jejich střední hodnotu. [7,27,30]



Obrázek č. 9: Přístroj pro měření kontaktního úhlu kapalin CAM 100 f

### **INONIZÁTOR minION Ionizing Air Blower (SIMCO)**

Jeho funkcí je odstranění statického náboje z povrchu potiskovaného materiálu a pryží a tvorba záporného náboje na povrchu materiálu. Zařízení disponuje pomalejším (23 l/s) a rychlejším (42 l/s) stupni rychlosti. Vzdálenost ventilátoru doporučená výrobcem byla 30 cm [7].

### **Nátiskový stroj SAUERESSIG F.P. 100/300**

Pro tisk z pryžových tiskových forem byl použit nátiskový flexotiskový stroj Saueressig F.P. 100/300. Tisková rychlost tohoto stroje byla cca 40 m/min. Tiskový přítlak byl nastaven pomocí mikrometrických čidel na hodnotu 0,09 mm. Pohon stroje je pneumatický. Nastavení rychlosti probíhá pomocí tlaku vzduchu, který se volí redukčním ventilem nebo brzdou umístěné na hřídeli odvinu. Jelikož se tisklo z různých tiskových forem muselo být rovnoměrné nastavení tiskového přítlaku nastavováno po každém provedení tisku. Nůž stěrače přilnul k aniloxovému válci a zajistil se. Teplota v místnosti byla od 21 do 22 °C. Sušící zařízení ve formě ventilátoru s teplým vzduchem, či vzduchových trysek z tlakového systému bylo umístěno pod potiskovým pásem papíru, vyžadujícím elektrickým připojením 220V/16A. Šíře potiskovaného pásu papíru byla 300 mm. Stroj byl napojen na kompresor o tlaku 0,6 Mpa, spotřeba vzduchu byla 380 l/min [7,9,27,30,32].

Před započítím samotného tisku, bylo nutné nejprve připravit potiskovaný materiál, tiskový a aniloxový válec. Potiskovaný materiál se umístil do odvinu, a následně byl protažen celým strojem na prázdnou dutinku. Dalším krokem bylo očištění flexotiskových návleků od nečistot lihem. Očištěné návleky byly poté pomocí stlačeného vzduchu nasunuty na nosný válec a založeny do stroje. Samotná příprava tiskového stroje započala upevněním potiskovaného materiál s dutinkou



s průměrem 76 mm na trn. Následoval odvin role papíru a ovin tlakového válce s následným návínem na dutinku umístěnou na navíjecí hřídeli. Dalším krokem bylo přistavení tiskového a rastrového válce k tlakovému válci. Flexotisková barva byla přenášena ze zásobníku barvy pomocí aniloxového válce na tiskový válec. Přebytečná tisková barva byla stírána pomocí stěrky. Jak již bylo zmíněno v teoretické části tisklo se celkem z 58 pryžových válců na sedm typů potiskovaných materiálů + dva z nich, jak z neupravené, tak upravené strany. Jedna sada vždy po 18 vzorcích. Tisk byl pro každou tiskovou formu proveden jak rozpouštědlovou, tak disperzní tiskovou barvou. Z výsledného potištěného materiálu byly vystřiženy pásy materiálu. Na každém z těchto pásů materiálu byla proměřena optická hustota na třech místech a vypočítán průměr. [7,9,27,30,32].



Obrázek č. 10: Flexotiskový nátiskový stroj Saueressig Flexo Proofer F.P. 100/300

### **Reflexní spektrofotometr ili0**

Spektrofotometrem III0 firmy XRite byly měřeny optické hustoty barevných nátisků na jednotlivých druzích fólií. Snímací systém ili0 umožnil rychlé a automatizované čtení natisknutých políček. Každý nátisk byl proměřen na třech místech, ze kterých se následně stanovila průměrná hodnota. Toto zařízení umožňuje nejrychlejší měření odrazových testovacích tabulek na různých silných substrátech, od igelitových tašek až po keramiku nebo textil silných až 10 mm. Čtecí rychlost zařízení je více než 500 políček za minutu [33].



Obrázek č. 11: Reflexní spektrofotometr i1i0

### **DIN výtokový pohárek 4 mm**

Jedná se o speciální pohárek určený k měření viskozity konzistence. Má přesně definovaný objem a výtokový otvor o průměru 4 mm, jímž prochází tisková barva do připravené nádoby. Pomocí stopky je zaznamenán čas doby průtoku této kapaliny, podle toho se pak přistupuje k dalšímu ředění tiskové barvy.



Obrázek č. 12: DIN výtokový pohárek 4 mm

K tisku byly použity dva typy tiskových barev a to disperzní (vodová) a rozpouštědlová flexotisková barva, odstín magenta. Barvy byly dodány ve formě koncentrátu a bylo proto nutné je naředit na požadovanou konzistenci. Příprava disperzní tiskové barvy spočívala v naředění zhruba třetiny

plastové lahve barvou (120 ml) a to směsí vody, etanolu a tiskové barvy. Doporučená tisková konzistence byla 0'31" sekund. Měření probíhalo pomocí DIN výtokového pohárku s výtokovým otvorem o průměru 4 mm, kdy se do připravené nádoby s barvou postupně přimíchávala destilovaná voda a ředila se na požadovanou konzistenci, poté se pomocí stopek měřila doba průtoku pohárkem. Stejným postupem byla připravena také rozpouštědlová flexotisková barva, s tou výjimkou, že místo destilované vody se do barvy přimíchával zpomalovač schnutí a etanol. Doporučení konzistence u rozpouštědlové barvy byla 0'17.

### **Oživovací korona AHLBRAND**

Pro oživení některých typů potiskovaných materiálů (materiály, které byly povrchově upraveny od výrobce) byla použita oživovací korona s generátorem FG 3101TT-LCD 10A a koronovou lištou ASL – TUM 400. Vzorek materiálu byl umístěn na stůl zařízení a jedním průchodem byl upraven. Pro úpravu bylo zvoleno napětí na elektrodách 500 W.

## 5.3 Experimentální metody a výsledky

### 5.3.1 MĚŘENÍ TRŽNÉ DÉLKY TISKOVÉ BARVY POMOCÍ TENZITOMETRU

Pracovní postup: Příslušná tisková barva se umístila do nádoby na barvu a poté se do požadované výše umístila pod ocelový odtrhovací kroužek. Odtrhovací kroužek se mechanicky ponořil do barvy a poté se hlídala riska měřáku, tak aby se nacházela uprostřed mezi dvěma ryskami a současně se manuálně nastavovala síla potřebná k odtržení ocelového kroužku od nádoby z barvou, a to odečítáním hodnot ze stupnice. Po každém měření bylo nutné kovový kroužek opláchnout buď pokud se jednalo o disperzní barvu v roztoku směsi líhu a destilované vody, poté v ethanolu anebo pokud se jednalo o rozpouštědlové barvy ve směsi zpomalovače a rozpouštědla, poté následovalo taktéž opláchnutí ethanolom s následným žiháním kroužku v plamenu plynového kahanu u obou barev, po každém měření. Následující tabulka zobrazuje hodnoty naměřené tenzimetrem pro rozpouštědlovou a disperzní flexotiskovou barvu.

Měření č.	Barva	
	rozpouštědlová	disperzní
1	24	34
2	23,2	40
3	24	34
4	25	34
5	26,7	39
6	25	40
7	26	36
8	25	35
9	26	40
10	26	40
průměr	25,1 mN/m	37,2mN/m

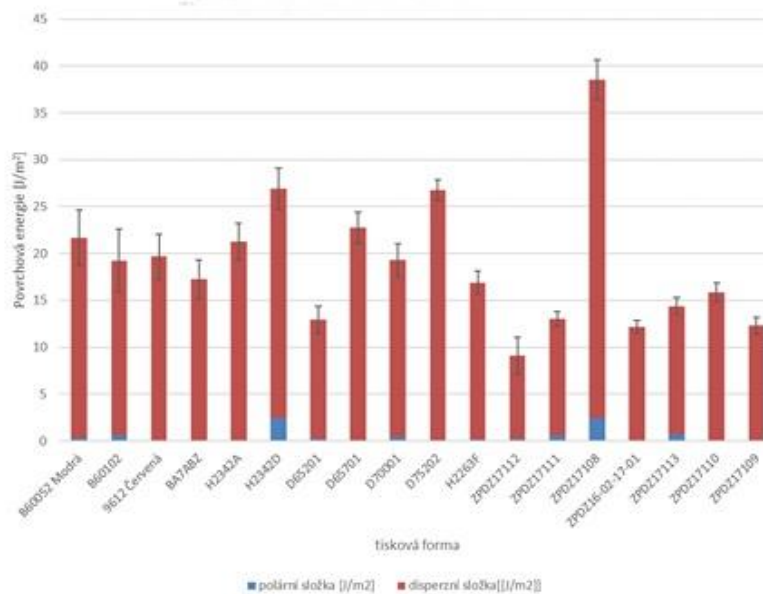
*Tabulka 2: hodnoty povrchového napětí pro rozpouštědlovou a disperzní barvu*

### 5.3.2 Měření povrchové energie pryžových návlků

Postup měření spočíval v aplikaci kapaliny manuálním dávkovačem, kdy v okamžiku dopadu kapky na vzorek (různé typy tiskových forem, popsané výše) došlo k započetí měření. Nedílnou součástí měření byla také podmínka zbavení měřeného vzorku nečistot pomocí ethanolu a jeho následné zbavení povrchového náboje ionizátorem. Do počítače byly ukládány jednotlivé obrazy kapky ve zvoleném intervalu 20 s.

Typ návleku	polární složka [J/m <sup>2</sup> ]	disperzní složka [[J/m <sup>2</sup> ]]	celková [J/m <sup>2</sup> ]	SMODCH
B60052 Modrá	0,3	21,37	21,67	2,93
B60102	0,6	18,62	19,22	3,37
9612 Červená	0,02	19,64	19,66	2,40
BA7ABZ	0,05	17,19	17,24	2,07
H2342A	0,02	21,23	21,25	1,95
H2342D	2,4	24,52	26,92	2,20
D65201	0,24	12,67	12,91	1,45
D65701	0,09	22,67	22,76	1,62
D70001	0,44	18,83	19,27	1,77
D75202	0,09	26,65	26,74	1,12
H2263F	0,18	16,71	16,89	1,20
ZPDZ17112	0,2	8,89	9,09	1,97
ZPDZ17111	0,54	12,49	13,03	0,80
ZPDZ17108	2,44	36,09	38,53	2,14
ZPDZ16-02-17-01	0,09	12,1	12,19	0,69
ZPDZ17113	0,67	13,71	14,38	0,89
ZPDZ17110	0,003	15,82	15,823	1,03
ZPDZ17109	0,02	12,26	12,28	0,91

Tabulka: 3 hodnoty povrchové energie pryžových návleků

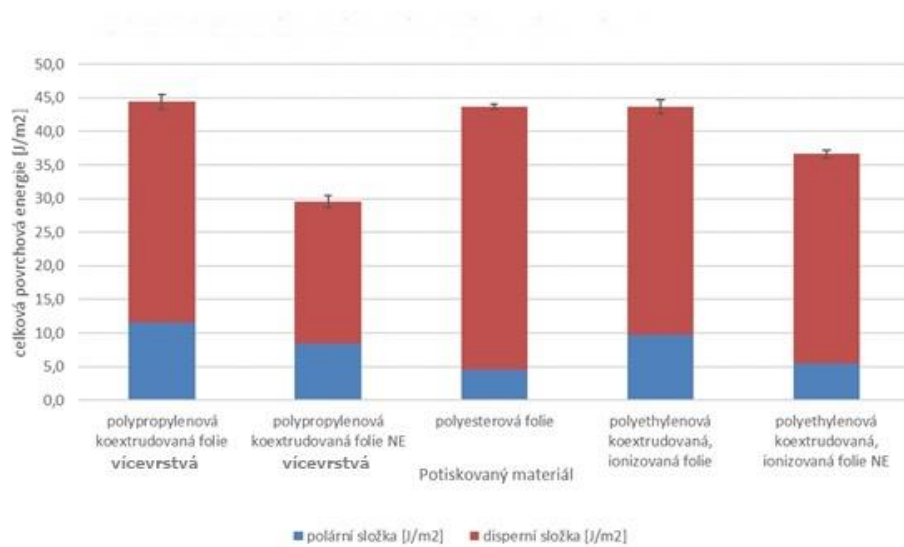


Obrázek č. 13: Porovnání povrchové energie u jednotlivých typů pryžových návleků

### 5.3.3 Měření povrchové energie potiskovaných materiálů

materiál	polární složka J/m <sup>2</sup>	disperzní složka J/m <sup>2</sup>	celková J/m <sup>2</sup>	SMODCH
polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie	11,6	32,85	44,4	1,06
polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie N	8,5	21,05	29,6	0,93
polyesterová folie	4,6	39,15	43,7	0,4
polyethylenová, koextrudovaná ionizovaná folie	9,8	33,9	43,7	1,01
polyethylenová, koextrudovaná ionizovaná folie N	5,5	31,2	36,7	0,55

Tabulka: 4 hodnoty povrchové energie potiskovaných materiálů



Obrázek č. 14: Porovnání povrchové energie u jednotlivých typů potiskovaných materiálů

### 5.3.4 Měření optické hustoty plných ploch vytištěných disperzní barvou jednotlivými typy pryžových náleků na potiskované materiály

Disperzní barva	Typ materiálu	Průměr	SMODCH
Typ pryže	Typ materiálu	Průměr	SMODCH
ZPDZ 17110	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1	0,42
	Polyesterová folie	2	0,28
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie	1,82	0,21
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,3	0,02
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie N	1,7	0,48
ZPDZ 17109	Typ materiálu	Průměr	SMODCH
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,3	0,33
	Polyesterová folie	2,08	0,23
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie	2	0,17
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,86	0,66
ZPDZ 17108	Typ materiálu	Průměr	SMODCH
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,33	0,16
	Polyesterová folie	2,23	0,31
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie	2,16	0,3
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,26	0,03
ZPDZ 16-02-17-01	Typ materiálu	Průměr	SMODCH
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	0,66	0,2
	Polyesterová folie	1,77	0,27
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie	1,7	0,15
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,28	0,01
H2342D	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,31	0,38
	Polyesterová folie	1,76	0,34
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie	1,86	0,25
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,29	0,02
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie N	1,66	0,37
D65201	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,38	0,36
	Polyesterová folie	2,2	0,18
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie	2,12	0,23
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,28	0,01
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná folie N	1,73	0,25

D65701	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,97	0,04
	Polyesterová fólie	2,21	0,28
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	2,07	0,35
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,29	0,01
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	2	0,28
D75202	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,37	0,12
	Polyesterová fólie	2,16	0,04
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	1,94	0,02
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,25	0,0002
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	1,63	0,04
D70001	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,46	0,45
	Polyesterová fólie	2,21	0,22
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	2,13	0,2
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,28	0,23
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	1,91	0,14
BA7ABZ	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,61	0,26
	Polyesterová fólie	2,23	0,17
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	2,16	0,13
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,26	0,03
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	2,1	0,17
79612	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,18	0,52
	Polyesterová fólie	2,27	0,23
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	2,06	0,11
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,28	0,01
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	1,9	0,22
B60102	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,28	0,17
	Polyesterová fólie	2,07	0,17
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	1,96	0,16
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,29	0,01
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	1,63	0,11
H2342A	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	0,91	0,29
	Polyesterová fólie	1,96	0,11
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	1,85	0,17
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,28	0,01
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	1,55	0,25
ZPDZ17113	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1	0,28
	Polyesterová fólie	1,89	0,18
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	2	0,15
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,21	0,05
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	0,91	0,24
H2263F	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,13	0,25
	Polyesterová fólie	1,67	0,19
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	1,65	0,18
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,32	0,03
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	1,17	0,18
ZPDZ17111	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	1,51	0,47
	Polyesterová fólie	2,27	0,17
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie	2,18	0,15
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	0,26	0,02
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná fólie N	2	0,26

Tabulka 5: Hodnoty optických hustot plných ploch vytištěných **disperzní** barvou jednotlivými typy pryžových návlků na potiskované materiály



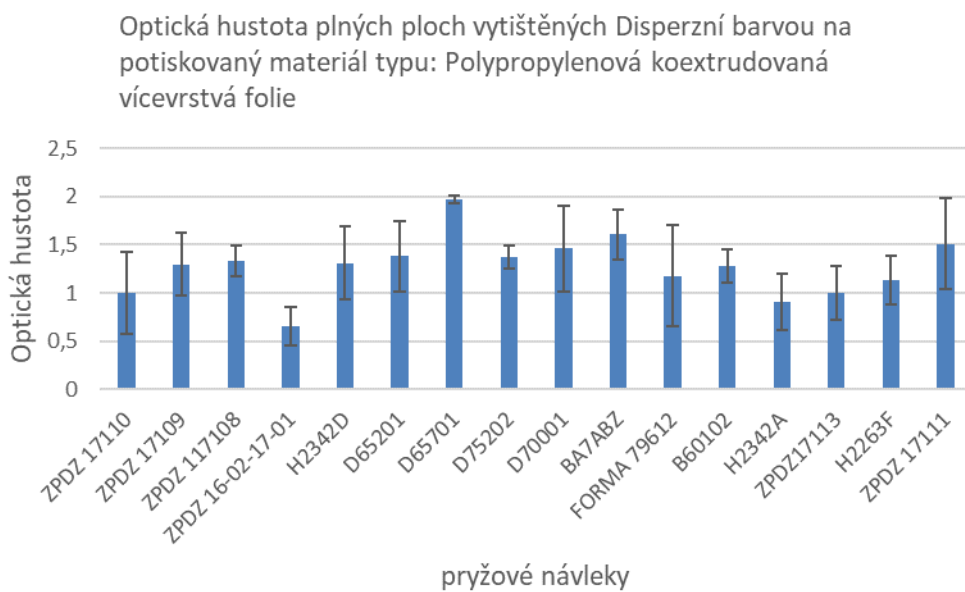
### 5.3.5 Měření optické hustoty plných ploch vytištěných rozpouštědlovou barvou jednotlivými typy pryžových náleků na potiskované materiály

Lihová barva	Typ materiálu	Průměr	SMODCH
Typ pryže			
BA7ABZ	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,32	0,18
	polyesterová fólie	2,38	0,18
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,21	0,24
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,3	0,24
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,31	0,26
79612	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,56	0,13
	polyesterová fólie	2,47	0,17
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,54	0,11
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,54	0,13
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,49	0,18
22D65701	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,58	0,15
	polyesterová fólie	2,52	0,25
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,43	0,28
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,57	0,14
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,45	0,22
25D70001	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,52	0,21
	polyesterová fólie	2,4	0,26
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,51	0,25
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,49	0,2
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,3	0,22
28D75202	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,13	0,36
	polyesterová fólie	2,4	0,5
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,46	0,18
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,03	0,6
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,49	0,32
49ZPDZ17108	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,26	0,29
	polyesterová fólie	2,34	0,32
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,23	0,34
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,27	0,38
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,25	0,36

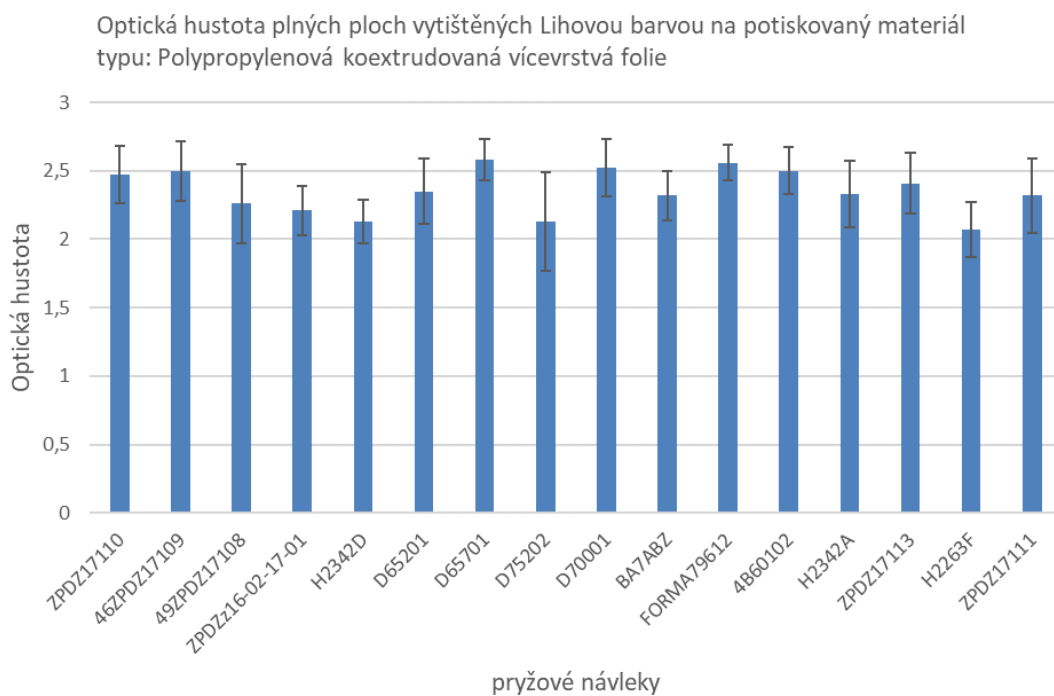
ZPDZ 16-02-17-01			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,21	0,18
	polyesterová fólie	2,21	0,24
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,3	0,16
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,17	0,18
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,12	0,2
4B60102			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,5	0,17
	polyesterová fólie	2,5	0,24
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,36	0,24
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,34	0,3
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,3	0,31
14H2342A			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,33	0,24
	polyesterová fólie	2,3	0,31
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,33	0,22
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,21	0,3
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,25	0,3
16H2342D			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,13	0,16
	polyesterová fólie	2,22	0,7
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,22	0,16
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,17	0,18
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,2	0,22

46ZPDZ17109			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,5	0,22
	polyesterová fólie	2,49	0,24
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,5	0,26
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,5	0,26
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,41	0,2
37ZPDZ17110			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,47	0,21
	polyesterová fólie	2,48	0,26
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,46	0,22
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,4	0,32
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,38	0,32
D65201			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,35	0,24
	polyesterová fólie	2,4	0,17
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,35	0,2
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,39	0,17
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,34	0,23
ZPDZ17111			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,32	0,27
	polyesterová fólie	2,28	0,24
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,23	0,36
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,22	0,34
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,17	0,28
ZPDZ17113			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,41	0,22
	polyesterová fólie	2,47	0,2
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	2,43	0,28
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	2,44	0,29
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	2,41	0,25
31H2263F			
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie	2,07	0,2
	polyesterová fólie	2,05	0,2
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná	1,74	0,22
	Polypropylenová, koextrudovaná vícevrstvá fólie N	1,99	0,29
	Polyethylenová koextrudovaná, ionizovaná N	1,79	0,23

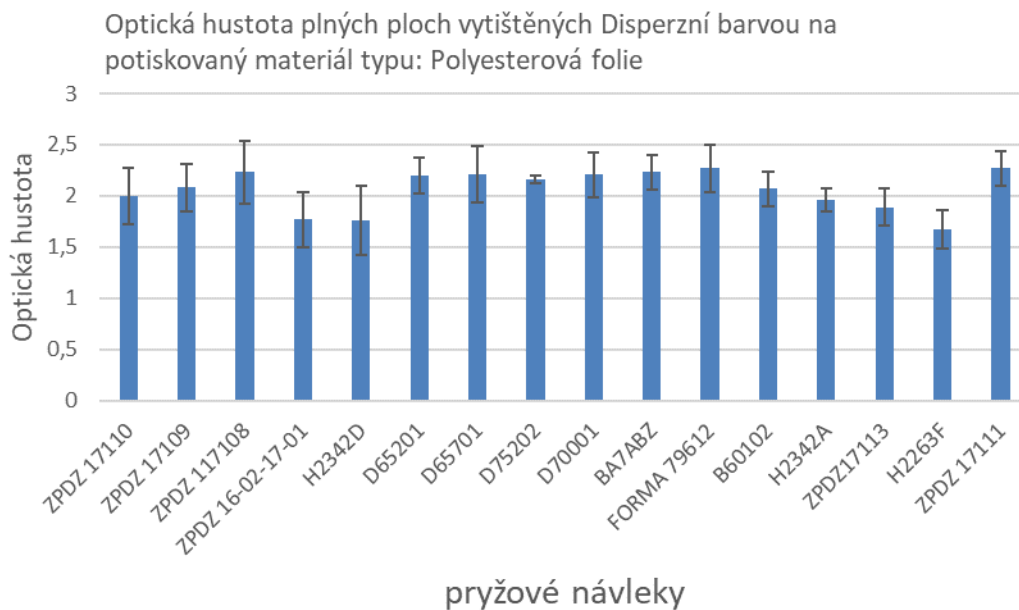
Tabulka 6: Hodnoty optických hustot plných ploch vytištěných rozpouštědlovou barvou jednotlivými typy pryžových návrků na potiskované materiály



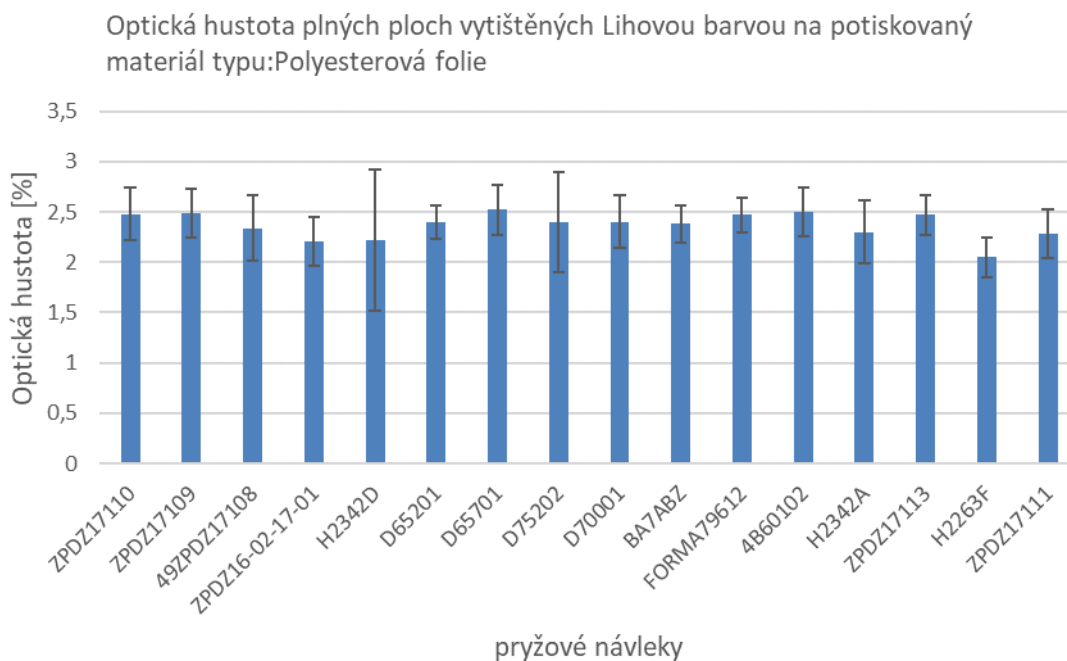
Obrázek č. 15: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie



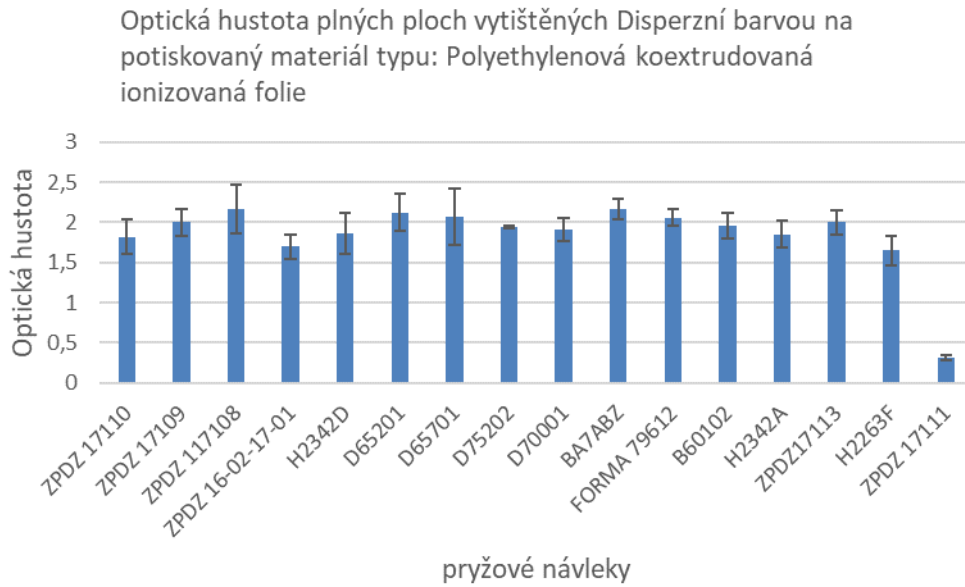
Obrázek č. 16: Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie



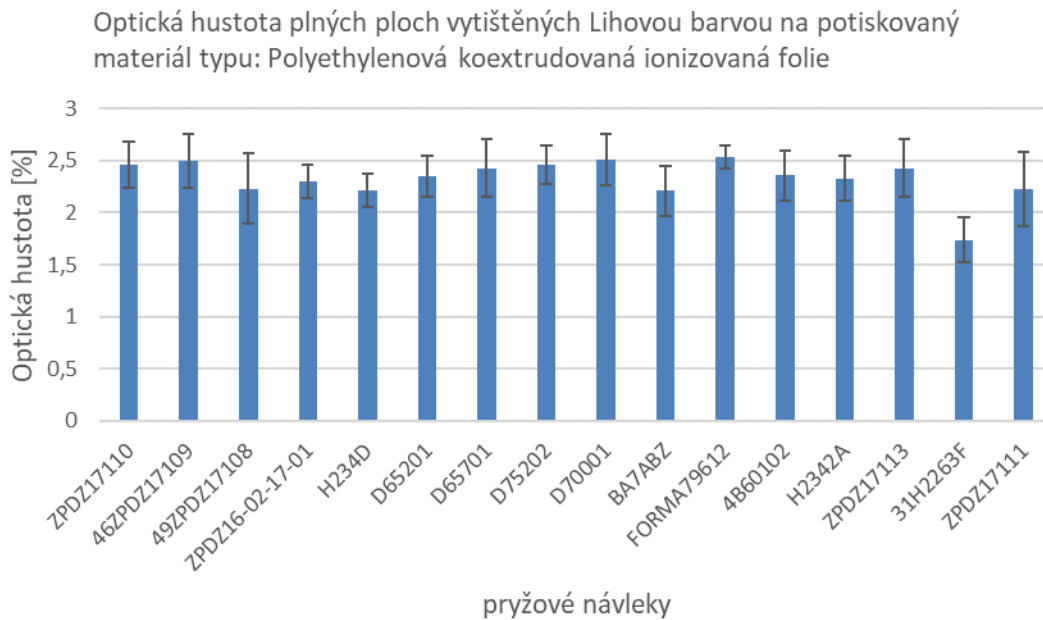
Obrázek č. 17: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polyesterová folie



Obrázek č. 18: Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyesterová folie

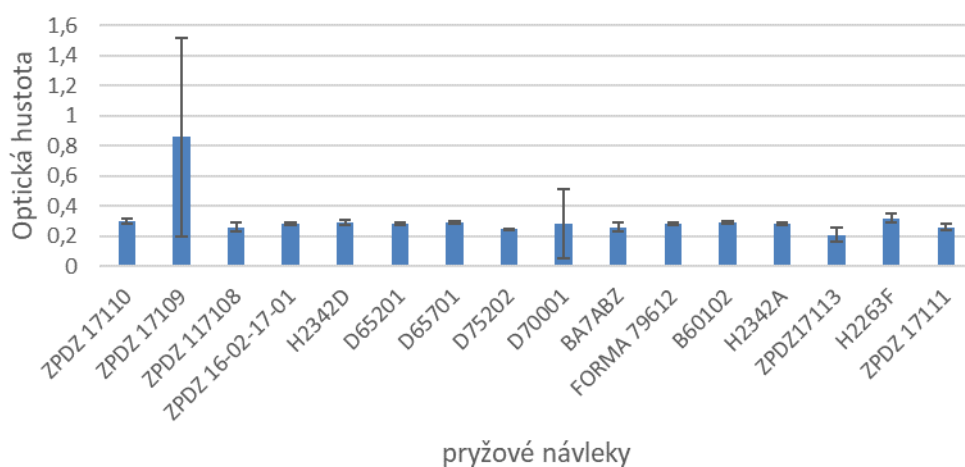


Obrázek č. 19: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie



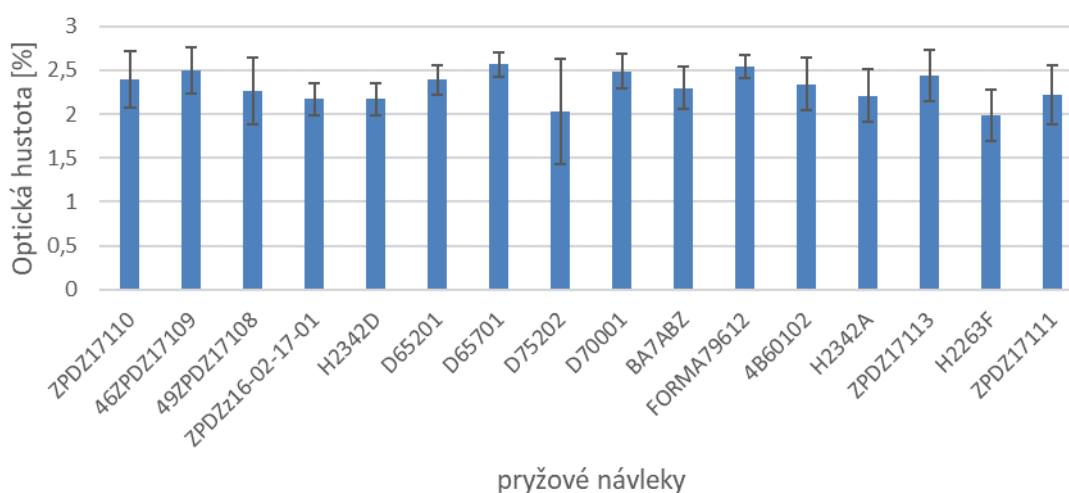
Obrázek č. 20: Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie

Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie N



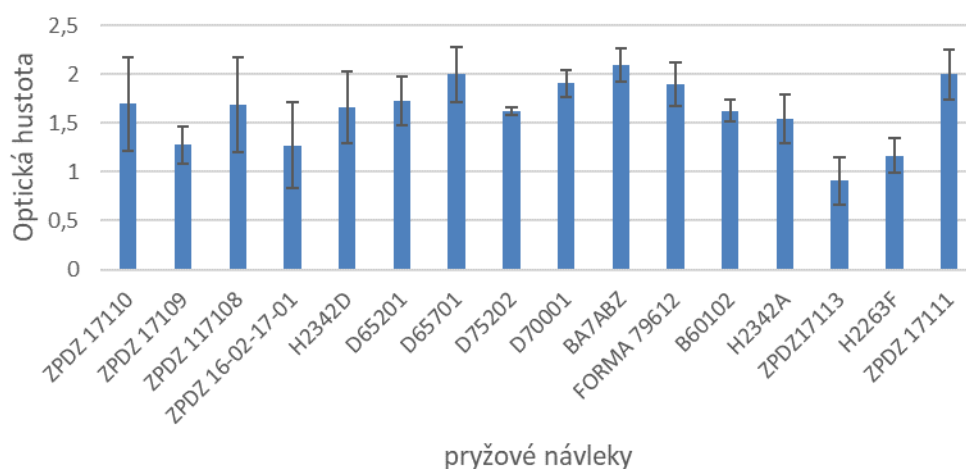
Obrázek č. 21: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie N

Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie N



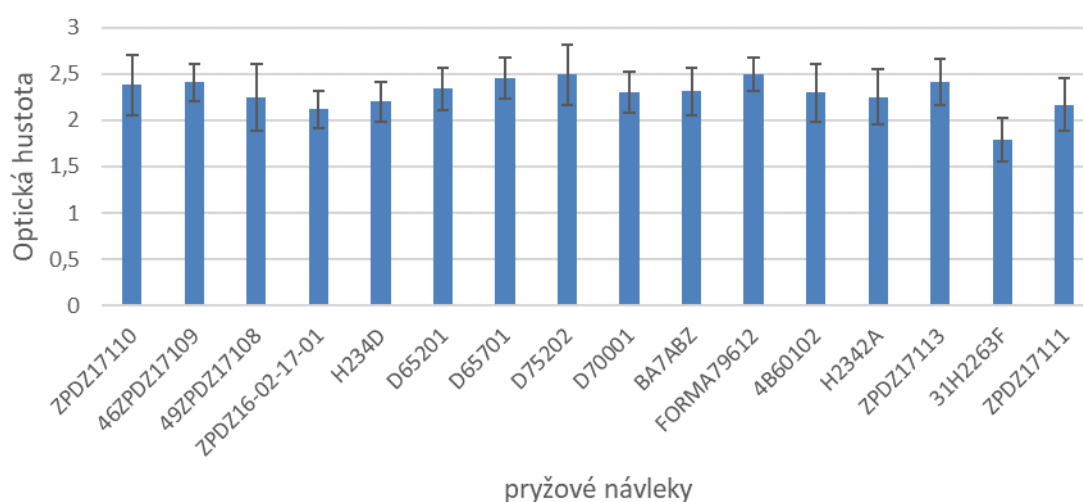
Obrázek č. 22: Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie N

Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie N



Obrázek č. 23: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie N

Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie N



Obrázek č. 24: Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie N



## 6. SHRUTÍ

Při vzájemném vyhodnocení a porovnání všech vzorků se nám jako nejideálnější flexotisková barva pro přenos obrazu jevila rozpouštědlová barva, která dosahovala vyšších hodnot optické hustoty u všech zkoumaných vzorků. U vyhodnocování přenosu barev se zjišťovaly následující závislosti:

- 1) Jak přenáší pryžové návleky s nízkou (celkovou) povrchovou energií rozpouštědlovou a disperzní barvu na materiál s nízkou (celkovou) povrchovou energií. Během tohoto postupu se porovnávaly pryžové návleky se stejnou povrchovou energií, ale povrchová energie materiálu se postupně zvyšovala. Výsledkem byly vyšší hodnoty optických hustot pro rozpouštědlovou barvu, jejíž hodnoty se zvyšující povrchovou energií materiálu mírně rostly. Hodnoty u disperzních barev byly podstatně nižší a nevykazovaly stoupající ani klesající tendenci. Pro názornou ukázkou vyhodnocení lze uvést příklad:

	materiál	povrchová energie J/m <sup>2</sup>	optická hustota	
			disperzních barev	rozpouštědlových barev
pryžový návalek ZPDZ 16-02-17-01 12,19J/m <sup>2</sup>	polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie N	29,6	0,28	2,17
	polyethylenová folie N	36,7	1,27	2,12
	polyesterová folie	43,7	1,77	2,21
	polyethylenová, koextrudovaná ionizovaná folie	43,7	1,77	2,21
	polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie	44,4	1,75	2,21

Tabulka 7: Přenos disperzní a rozpouštědlové barvy pomocí pryžového návleku ZPDZ 16-02-17-01 s nízkou (celkovou) povrchovou energií na různé typy potiskovaného materiálu

- 2) Jak přenáší pryžové návleky s vysokou (celkovou) povrchovou energií rozpouštědlovou a disperzní barvu na materiál s vysokou (celkovou) povrchovou energií. Během tohoto postupu se porovnávaly pryžové návleky se stejnou povrchovou energií, ale povrchová energie materiálu se postupně snižovala. Výsledkem byly vyšší hodnoty optických hustot pro rozpouštědlovou barvu, jejíž hodnoty se snižující povrchovou energií materiálu mírně rostly. Hodnoty u disperzních barev byly podstatně nižší a nevykazovaly stoupající ani klesající tendenci.
- 3) Jak přenáší pryžové návleky s vysokou (polární složkou) povrchové energie rozpouštědlovou a disperzní barvu na materiál s vysokou (polární složkou) povrchové energie. Během tohoto postupu se porovnávaly pryžové návleky se stejnou polární složkou povrchové energie, ale polární složka povrchové energie materiálu se postupně snižovala. Výsledkem byly vyšší hodnoty optických hustot pro rozpouštědlovou barvu, jejíž hodnoty se snižující polární složkou

povrchové energie materiálu mírně rostly. Hodnoty u disperzních barev byly podstatně nižší a nevykazovaly stoupající ani klesající tendenci.

- 4) Jak přenáší pryžové návleky s nízkou (polární složkou) povrchové energie rozpouštědlovou a disperzní barvu na materiál s nízkou (polární složkou) povrchové energie. Během tohoto postupu se porovnávaly pryžové návleky se stejnou polární složkou povrchové energie, ale polární složka povrchové energie materiálu se postupně zvyšovala. Výsledkem byly vyšší hodnoty optických hustot pro rozpouštědlovou barvu, jejíž hodnoty se zvyšující polární složkou povrchové energie materiálu mírně rostly. Hodnoty u disperzních barev byly podstatně nižší a nevykazovaly stoupající ani klesající tendenci.

#### VÝSLEDNÉ SHRUTÍ VZÁJEMNÝCH ZÁVISLOSTÍ MEZI TISKOVOU BARVOU, POTISKOVANÝM MATERIÁLEM A PRYŽOVÝMI NÁVLEKY

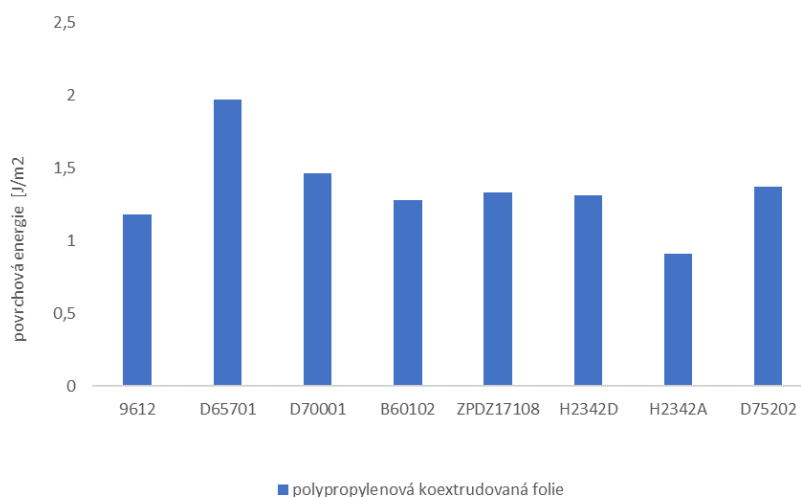
povrchová energie pryže [J/m <sup>2</sup> ]	povrchové napětí barvy [mN/m]	povrchová energie substrátu [J/m <sup>2</sup> ]	optická hustota
NÍZKÁ	NÍZKÉ	NÍZKÁ	NÍZKÁ
NÍZKÁ	NÍZKÉ	VYSOKÁ	NÍZKÁ
NÍZKÁ	VYSOKÉ	VYSOKÁ	NÍZKÁ
			VYSOKÁ
STŘEDNÍ	NÍZKÉ	NÍZKÁ	NÍZKÁ
STŘEDNÍ	NÍZKÉ	VYSOKÁ	NÍZKÁ
STŘEDNÍ	VYSOKÉ	VYSOKÁ	VYSOKÁ
			NÍZKÁ
VYSOKÁ	NÍZKÉ	NÍZKÁ	NEPRAVIDELNÉ HODNOTY
VYSOKÁ	NÍZKÉ	VYSOKÁ	NÍZKÁ
VYSOKÁ	VYSOKÉ	VYSOKÁ	VYSOKÁ

Tabulka 8: Porovnání sledovaných kombinací povrchových energií pryží, povrchového napětí barvy, povrchové energie substrátu a výsledná optická hustota

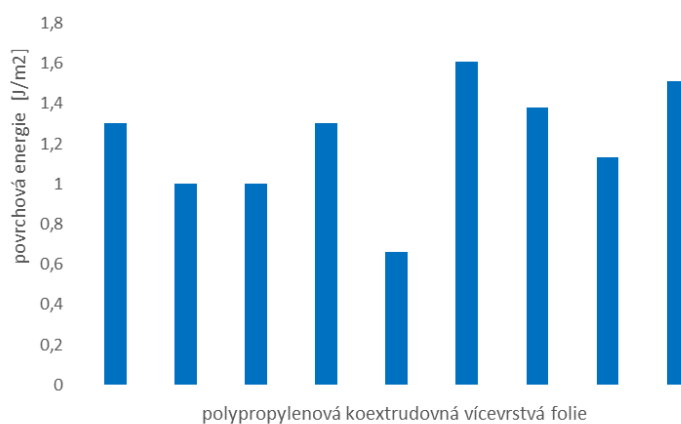
Závěrem lze říci, že nejvyšších hodnot optické hustoty dosahovala kombinace rozpouštědlové barvy a polypropylenové koextrudované vícevrstvé folie, rozpouštědlové barvy a polypropylenové koextrudované vícevrstvé folie (neupravené), rozpouštědlové barvy a polyethylenové koextrudované ionizované folie. Z pryžových návleků měly na přenos tiskové barvy nejvýraznější vliv návleky (9612 červená, D65701, ZPDZ17109, D70001, ZPDZ17113 a B60102).

## 7. ZÁVĚR

U disperzních tiskových barev dosahovala polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie, polyetylenová koextrudovaná, ionizovaná folie a polyesterová folie vysokých hodnot optické hustoty nezávisle na tom, zda byla povrchová energie tiskové formy nízká nebo vysoká.

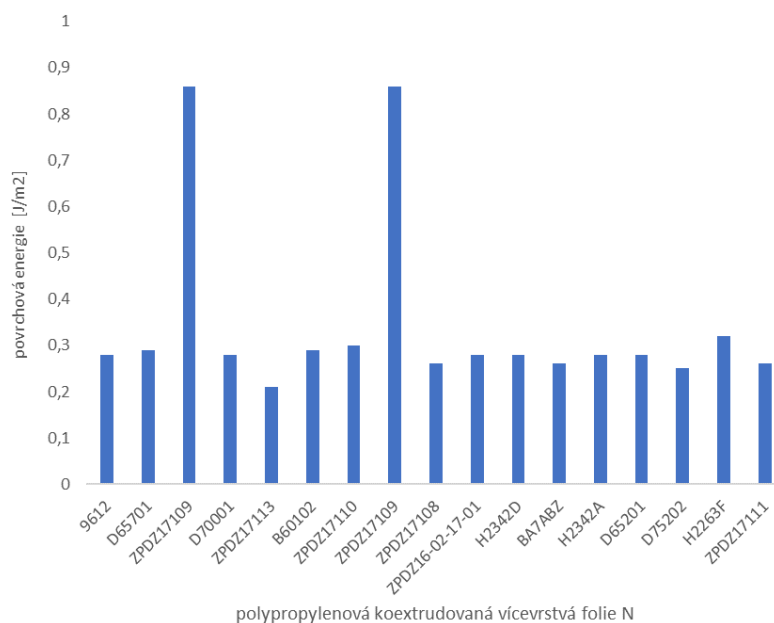


Obrázek č. 25: Graf zobrazující potiskovaný materiál s vysokou povrch. energií v kombinaci s tiskovou formou s vysokou povrchovou energií pro disperzní tiskovou barvu



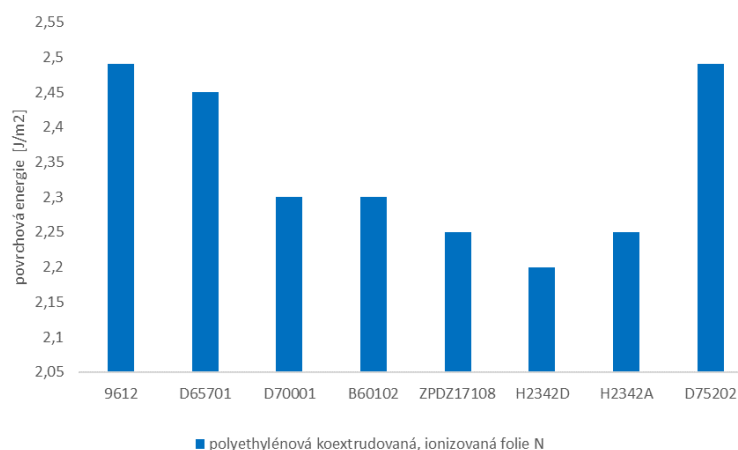
Obrázek č. 26: Graf zobrazující potiskovaný materiál s vysokou povrch. energií v kombinaci s tiskovou formou s nízkou povrch. energií pro disperzní tiskovou barvu

U disperzních tiskových barev dosahovala polypropylénová koextrudovaná folie N nízkých hodnot optické hustoty nezávisle na tom, zda byla povrchová energie tiskové formy nízká nebo vysoká.

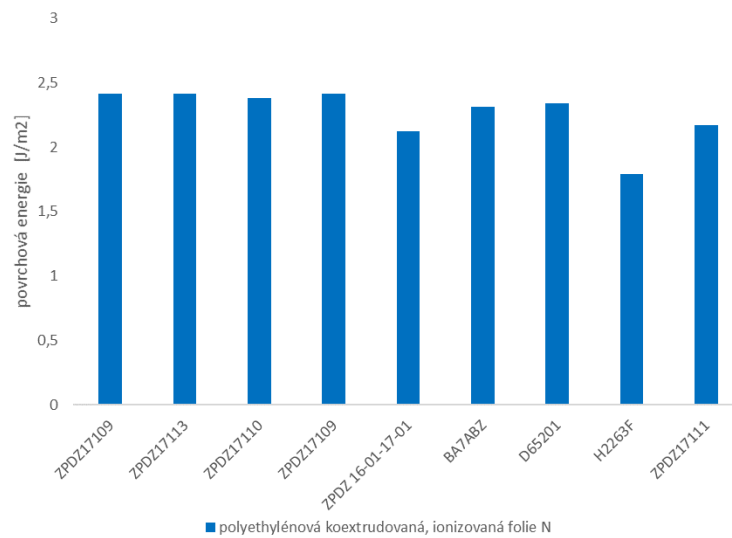


Obrázek č. 27: Graf zobrazující potiskovaný materiál s nízkou povrchovou energií u všech typů tiskových forem

U lihových tiskových barev dosahovala polypropylénová koextrudovaná folie N a polyethylénová koextrudovaná, ionizovaná folie N nízkých hodnot optické hustoty nezávisle na tom, zda byla povrchová energie tiskové formy nízká nebo vysoká.



Obrázek č. 28: Graf zobrazující potiskovaný materiál s nízkou povrchovou energií v kombinaci s tiskovou formou s vysokou povrchovou energií pro rozpouštědlovou barvu



*Obrázek č. 29: Graf zobrazující potiskovaný materiál s nízkou povrch. energií v kombinaci s tiskovou formou s nízkou povrchovou energií pro rozpouštědlovou barvu*

## Použitá literatura:

- [1] Hejduk, J.: Vliv fyzikálních vlastností povrchů pryžových válců na efektivnost přenosu barvy, Disertační práce, Univerzita Pardubice, KPF FCHT, Pardubice 2010
- [2] Hanhi, K., Minna P., Tirila H.M.: *Elastometric materials*, Tampere University of Technology, 2007
- [3] Ducháček V., Hrdlička Z.: *Gumárenské suroviny a jejich zpracování*. 4th ed Praha : VŠCHT Praha, 2009. P. 036. ISBN 978-80-7080-713-2
- [4] Šudomová, P.: Vliv úprav flexotiskových barev na přenos barvy a možnosti jeho ovlivňování, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Pardubice 2016
- [5] *Elastomer Engineering Limited* [online]. [cit. 2019-08-19]. Dostupné z: <http://www.elastomer.co.uk/materials/>
- [6] Regal, P.: Povrchové úpravy pryžových válců pro flexotisk, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Pardubice 2007
- [7] Kaplanová, M. et al.: *Moderní polygrafie*, Svaz polygrafických podnikatelů, Praha, 2009, ISBN 978-80-254-4230-2
- [8] Taibr, J.: Vliv vlastností flexotiskové barvy na účinnost přenosu z pryžových válců, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Pardubice 2008
- [9] Prudká, T.: Vliv tiskové formy na kvalitu tisku ve flexotisku, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Pardubice 2014
- [10] Ryšková, P.: Charakterizace povrchových úprav polymerních filmů, Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín 2014
- [11] Táborská, M.: Průzkum trhu flexotiskových a hlubotiskových barev v České republice, Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, Pardubice 1998
- Ducháček V.: *Polymery, výroba, vlastnosti, zpracování, použití*, Vydavatelství VŠCHT, Praha, 2006, ISBN 80-7080-617-6
- [12] Romeo-Sánchez M. D., Martín Martínez J. M.: *International Journal of adhesion & Adhesives*, 2006
- [13] Pastor-Blass M. M. et al.: *Surface and Interface Analysis*, 1998 (26), 385
- [14] Adbrashitov E. F., Ponomarev A. N.: *High Energy Chemistry*, 1993 (1), 53

- [15] Ortiz-Magán A. B. et al: *Plazmas and Polymers*, 2001 (6), 81
- [16] Hejduk, J.: *Povrchová úprava pryží používaných v polygrafii*, Rešeršní práce, Univerzita Pardubice, KPF FCHT, Pardubice, 2006
- [17] Mathew G. et al: *Polymers for Advanced Technologies*, 2004 (15),400
- [18] Cheo, S. H. Y. ET AL: *Journal of Material Science*, 377 (12), 2001
- [19] Völcker, N et al: *Journal of Material Science*, 111 (12), 2001
- [20] Ratway, R. J., Balik, C. M.: *Plasma and Polymers*, 129 (02). 1989
- [21] Jaehnichen, K. et al, *Journal of adhesion Science Technology*, 17 (12), 1635 (2003)
- [22] Zenkiewicz, M., Golebiewski, J.: *Polymery*, 43 (06), 351 (1998)
- [23] Romeo-Sánchez M. D., Martín Martínez J. M.: *International Journal of adhesion & Adhesives*, (25), 345, 2005
- [24] Malač, J.: *Gumárenská technologie* [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/11298787-Jiri-malac-gumarenska-technologie-4-smesi-1-obsah.html>
- [25] Taibr, J.: *Přenosové charakteristiky barev při tisku z pryžových flexotiskových forem*, Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, KPF FCHT, Pardubice, 2006
- [26] Kříž, J: *Měření povrchové energie polygrafických materiálů*, Bakalářská práce, Univerzita Pardubice, KPF FCHT, Pardubice, 2018
- [27] Perutková, K: *Povrchové vlastnosti polymerních materiálů*, Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 2018
- [28] Požárová, L.: *Stanovení povrchového napětí tisků pomocí testovacích kapalin*, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Pardubice, 2009
- [29] Krásný, I.: *Měření kontaktních úhlů smáčení a určování povrchové energie plastů*, Diplomová práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Zlín, 2010
- [30] Nováková L.: *Vliv vlastností elastomerní tiskové formy na kvalitu tisku*, Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Pardubice, 2016
- [31] *Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická: Katedra polygrafie a fotofyziky* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://fcht.upce.cz/fcht/kpf/pristrojove-vybaveni.html>

## Seznam použitých zkratk

Ctp	computer to plate
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
CH <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	dijodmethan
EPDM	ethylenpropylenový kaučuk (terpolymer ethylenu, propylenu a nekonjugovaného dienu)
H <sub>2</sub> O	voda
HD	zpevněná polyethylenová koextrudovaná folie
HCONH <sub>2</sub>	amid kyseliny mravenčí
MVQ	silikonový kaučuk
NR	přírodní kaučuk
NBR	butadienakrylonitrilový kaučuk
Pt	platina
PP30 Cast	polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie
PET 12	polyesterová folie
PE60	polyethylenová koextrudovaná ionizovaná HD zpevněná folie
SBR	butadienakrylonitrilový kaučuk
UV	ultrafialové záření
VMQ	vinylmethylpolysiloxan



## Seznam použitých symbolů

DIN	označení normy, předepisující parametry a vlastnosti různých materiálů, produktů a způsobů výroby
F	síla
$\text{g/m}^2$	plošná hmotnost
kW	jednotka elektrické síly
l	povrch kapaliny
mN/m	milinewtonmetr jednotka momentu síly
Mpa	megapascal jednotka tlaku
pH	číslo, vyjadřující, zda vodný roztok reaguje kyselě, či alkalicky
r	poloměr prstence
$\mu\text{m}$	jednotka délky
$\gamma$	složka povrchového napětí, resp. povrchové energie
$\gamma_d$	disperzní složka povrchového napětí, resp. povrchové energie
$\gamma_p$	polární složka povrchového napětí, resp. povrchové energie

## Seznam obrázků

Obrázek 1	Strukturní vzorec Butadienakrylonitrilového kaučuku (NBR) .....	12
Obrázek 2	Strukturní vzorec Silikonového kaučuku (MVQ) .....	13
Obrázek č. 3:	Strukturní vzorec přírodního kaučuku (NR) .....	14
Obrázek č. 4:	Strukturní vzorec Butadien-styrenového kaučuku (SBR) .....	14
Obrázek č. 5:	Strukturní vzorec Ethylen-propylenového kaučuku (EPDM) .....	14
Obrázek č. 6:	Princip metody Du Noüy Ring.....	20
Obrázek č. 7:	Měření kontaktního úhlu kapky kapaliny.....	22
Obrázek č. 8:	Tenzitometr K6 (KRÜSS) s Pt-Ir prstencem.....	31
Obrázek č. 9:	Přístroj pro měření kontaktního úhlu kapalin CAM 100 f.....	32
Obrázek č. 10:	Flexotiskový nátiskový stroj Saueressung Flexo Proofer F.P. 100/300.....	33
Obrázek č. 11:	Reflexní spektrofotometr i1i0.....	34
Obrázek č. 12:	DIN výtokový pohárek 4 mm.....	34
Obrázek č. 13:	Porovnání povrchové energie u jednotlivých typů pryžových návleků.....	37
Obrázek č. 14:	Porovnání povrchové energie u jednotlivých typů potiskovaných materiálů.....	38
Obrázek č. 15:	Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie.....	44
Obrázek č. 16:	Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie.....	44
Obrázek č. 17:	Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polyesterová folie.....	45
Obrázek č. 18:	Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyesterová folie.....	45
Obrázek č. 19:	Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie.....	46

Obrázek č. 20: Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie.....	46
Obrázek č. 21: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie N.....	47
Obrázek č. 22: Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylenová koextrudovaná vícevrstvá folie N.....	47
Obrázek č. 23: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie N.....	48
Obrázek č. 24: Optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylenová koextrudovaná ionizovaná folie N.....	48
Obrázek č. 25: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylénová koextrudovaná folie .....	51
Obrázek č. 26: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylénová koextrudovaná folie .....	51
Obrázek č. 27: Optická hustota plných ploch vytištěných Disperzní barvou na potiskovaný materiál typu: Polypropylénová koextrudovaná folie N .....	52
Obrázek č. 28: Nízká optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylénová koextrudovaná, ionizovaná folie N.....	52
Obrázek č. 30: Nízká optická hustota plných ploch vytištěných Lihovou barvou na potiskovaný materiál typu: Polyethylénová koextrudovaná, ionizovaná folie N.....	53

## Seznam tabulek

Tabulka 1 parametry pryžových návleků.....	27
Tabulka 2 hodnoty povrchového napětí pro rozpouštědlovou a disperzní barvu.....	36
Tabulka 3 hodnoty povrchové energie pryžových návleků.....	37
Tabulka 4 hodnoty povrchové energie potiskovaných materiálů.....	38
Tabulka 5 Hodnoty optických hustot plných ploch vytištěných disperzní barvou jednotlivými typy pryžových návleků na potiskované materiály.....	39
Tabulka 6: Hodnoty optických hustot plných ploch vytištěných rozpouštědlovou barvou jednotlivými typy pryžových návleků na potiskované materiály.....	41
Tabulka 7: Přenos disperzní a rozpouštědlové barvy pomocí pryžového návleku ZPDZ 16-02-17-01 s nízkou (celkovou) povrchovou energií na různé typy potiskovaného materiálu.....	49
Tabulka 8: Porovnání sledovaných kombinací povrchových energií pryží, povrchového napětí barvy, povrchové energie substrátu a výsledná optická hustota.....	50

## Údaje pro knihovnickou databázi

<b>Název práce</b>	Vliv povrchové energie na přenos tiskových barev ve flexotisku
<b>Autor práce</b>	Bc. Žaneta Sedláčková
<b>Obor</b>	Polygrafie
<b>Rok obhajoby</b>	2020
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Jiří Hejduk, Ph.D.
<b>Anotace</b>	Práce je věnována zkoumání toho, jak povrchová energie různých typů materiálů (polyethylenová koextrudovaná, polyesterová, polypropylenová, polypropylenová biaxiálně orientovaná fólie), ovlivňuje přenos disperzních a rozpouštědlových tiskových barev různými typy pryžových návleků (butadien-styrenové, ethylen-propylenové, směs butadien-styrenové a ethylen-propylenové, silikonové, směs silikonové a ethylen-propylenové pryže) ve flexotisku.
<b>Klíčová slova</b>	Flexotisk, povrchová energie, polymerní fólie, tiskové barvy, pryžové tiskové formy



