



## UV IR ĮPRASTAIS DAŽAIS SPAUSDINTŲ ATSPAUDŲ ŠIURKŠTUMO IR TRINTIES SAVYBIŲ TYRIMAS

Giedrė GIRAITYTĖ<sup>1</sup>, Jonas SIDARAVIČIUS<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas: <sup>1</sup>giedregiraityte@gmail.com; <sup>2</sup>jonas.sidaravicius@takas.lt*

**Santrauka.** Nagrinėjamos popieriaus ofsetinių atspaudų trinties savybės ir nustatyti statinis bei kinetinis trinties koeficientai. Nustatyta, kad įprastiniai ir UV dažai didina atspaudo į popierių statinio trinties koeficiento dydį ir mažina kinetinio koeficiento dydį. Atliktas dviejų rūšių popieriaus su įprastais ir UV dažais šiurkštumo palyginamasis tyrimas ir nustatyta, kad įprasti dažai atspaudų paviršiaus šiurkštumą stipriai didina, o UV dažų poveikis priklauso nuo popieriaus rūšies.

**Reikšminiai žodžiai:** atspaudai, įprasti dažai, popierius, šiurkštumas, trintis, UV dažai.

### Įvadas

Pagrindine poligrafine medžiaga yra laikomi spausdinimo dažai. Jie skirti vaizdui ant paviršiaus sudaryti. Spausdinimo dažams yra keliami įvairūs reikalavimai, tokie kaip optinių ir techninių savybių atitiktis technologiniams reikalavimams (Thompson 1998; Kipphan 2001; Sidaravičius 2012; Markulytė *et al.* 2012).

Ofsetinėje spaudoje ant pagrindo (popieriaus) perkeliamas labai plonas, maždaug 0,5–1,5 μm storio, dažų sluoksnis, kurį reikia labai greitai išdžiovinti. Pagal džiūvimo mechanizmą skiriami dviejų rūšių ofsetiniai spausdinimo dažai: įprasti dažai (džiūsta dėl rišiklio cheminės oksidacinės polimerizacijos) ir ultravioletine (UV) spinduliuote džiovinami (kietinamieji) dažai. Ofsetinei spaudai reikalingi tiršti spausdinimo dažai (dinaminis klampumas  $\eta = 40\text{--}100 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ). Spausdinimo dažai neturi sukietėti ant spausdinimo sekcijos dažų aparato volelių ir cilindrų ar ant spausdinimo formos (Berezinas 1989).

Įprasti spausdinimo dažai yra sudaryti iš dažiklių (pigmentų, dažomosios medžiagos), rišamųjų medžiagų (rišiklių), priemaišų, tirpiklių ar skiediklių. Priemaišos paprastai dedamos siekiant pagreitinti cheminę rišiklio oksidacinę polimerizaciją.

UV spinduliuote džiovinamų dažų rišikliai yra sudaryti iš monomerų, oligomerų, priemaišų, fotoiniciatorių. Monomerai yra skysti ir gali būti naudojami koreguojant dažų klampą. Apšvietus UV ekspozuojant fotoiniciatoriaus molekulės virsta laisvaisiais radikalais ir reaguoja su oligomerais ir monomerais. Prasideda grandininė poli-

merizacija ir iš monomerų bei oligomerų susidaro erdvinė struktūra. Dėl didelio skaičiaus tarpmolekulinių ryšių ši struktūra yra standi, t. y. skysti dažai sukietėja. Kietėjimo procesas įvyksta labai greitai – apšviečiant UV spinduliuote (Kipphan 2001). Nesant UV spinduliuotės dažai išlieka nepakitę neribotą laiką.

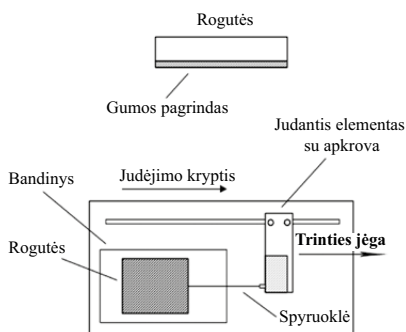
Yra žinoma, kad UV dažai pasižymi aukštesnėmis mechaninėmis savybėmis. Tikėtina, kad turi skirtis ir trinties savybės. Todėl tikslinga buvo ištirti statinės ir kinetinės trinties savybes – atitinkamus koeficientus. Nustatytos šių koeficientų vertės tarp popieriaus ir atspaudu su įprastais dažais, tarp popieriaus ir atspaudu su UV dažais ir popierių be atspaudu.

Skirtingas dažų fiksavimas (kietinimas) gali turėti įtakos paviršiaus šiurkštumui. Todėl eksperimentiškai ištirtas atspaudų su įprastais ir UV dažais bei popieriaus be spaudos PPS šiurkštumas.

### Popieriaus ir atspaudų trinties nustatymo metodas

Trinties tyrimai buvo atlikti *Thwining – Albert* FPDAS 1.0.0.1 įrenginiu (1 pav.), galinčiu matuoti ne tik statinės bei kinetinės trinties koeficientus esant įvairiems režimams.

Trinties statinis ir kinetinis koeficientai buvo nustatomi tarp popieriaus ir popieriaus, popieriaus bei atspaudu ir tarp atspaudų. Kadangi popierius ir sausas dažų sluoksnis yra elastingos medžiagos, trinties savybes tikslinga matuoti



1 pav. Trinties koeficientų matavimo įrenginys *Thwining – Albert FPDAS 1.0.0.1*

Fig. 1. Device *Thwining – Albert FPDAS 1.0.0.1* for measuring friction parameters

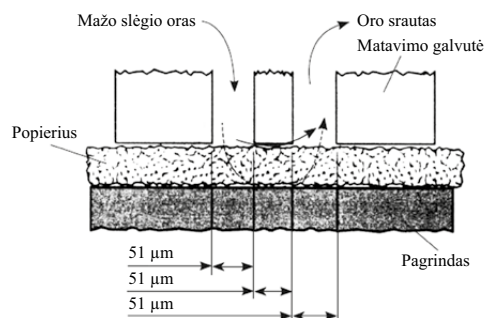
esant skirtingam slėgiui. Slėgis buvo keičiamas keičiant rogučių (*sled*) apkrovą. Kadangi nežinomas realus kontakto plotas, tai rezultatai išreiškiami kaip rogučių (plotas 40×40 mm) apkrova, g. Matavimai atlikti esant 200, 400, 600, 800 ir 1000 g apkrovai. Rogučių traukimo greitis buvo įprastas tokiems matavimas – 100 mm/min (Grigaliūnienė *et al.* 2013). Prietaisas fiksuoja traukimo jėgos kaitą ir per pirmas 5 s skaičiuoja statinio trinties koeficiento vertę, o kinetinio trinties koeficiento vertę skaičiuojama per kitas 10–20 s. Kiekvienam matavimui naudoti nauji bandiniai.

### Popieriaus ir atspaudų šiurkštumo nustatymo metodas

Geriausiai atitinka spausdinimo sąlygas *Print-Surface* metodas, dažniausiai žymimas PPS pridėdamas kūrėjo pavardę – *Parker Print-Surface* (ISO 5626:1993). Šiuo metodu taip pat matuojamas oro prasiskverbimas tarp popieriaus ir prispausto siauro žiedo (2 pav.). Nustatomas oro prasiskverbimo greitis  $\text{cm}^3/\text{s}$ , pagal kurį skaičiuojamas popieriaus paviršiaus PPS šiurkštumas  $\mu\text{m}$ . PPS metodas yra labai artimas spausdinimo sąlygoms. Matavimo galvutės žiedo plotis yra artimas rastrinių taškelių skersmeniui, o matavimo slėgis yra parenkamas pagal popieriaus rūšį ir spausdinimo būdą, pavyzdžiui, ofsetinį popierių rekomenduojama matuoti esant 1 MPa slėgiui (Sidaravičius 2012).

### Bandiniai

Tyrimui buvo antrinti tiražiniai atspaudai, spausdinti KBA Rapid 106 šešių sekcijų spausdinimo mašina esant vidutinei spausdinimo spartai 9000 atsp/h. Spausdinta trečioje–šeštoje sekcijose CMYK dažais, o dvi pirmos sekcijos naudotos dulkėms pašalinti. Palyginimui buvo spausdinta ant dviejų popierių – *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>* ir *Arktika 230 g/m<sup>2</sup>*.

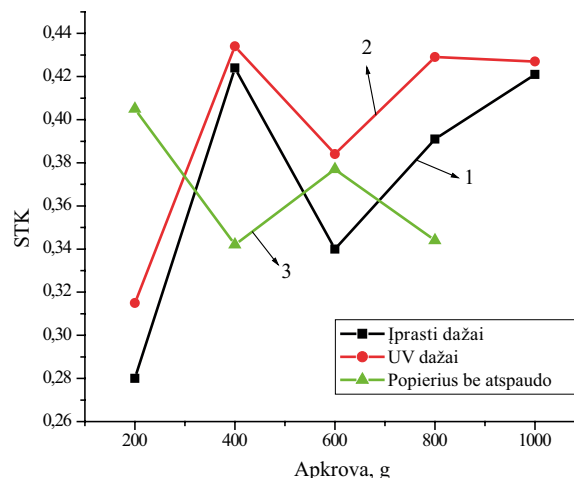


2 pav. *Parker Print-Surface* (PPS) popieriaus ir atspaudų šiurkštumo matavimo galvutė

Fig. 2. The measurement head of paper and print roughness *Parker Print-Surface* (PPS)

### Popieriaus ir atspaudų trinties tyrimo rezultatai

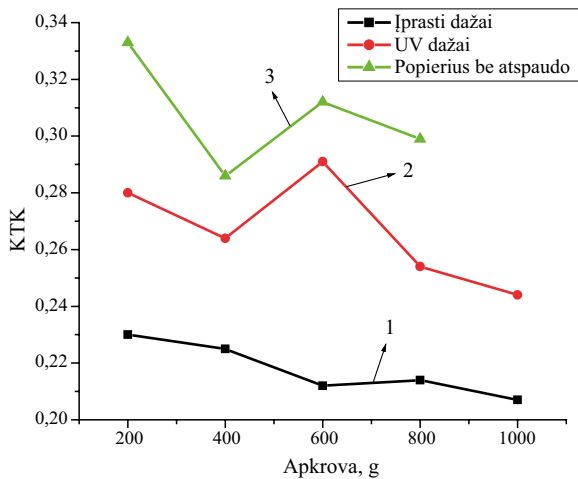
Buvo palyginti atspaudu su įprastais dažais, atspaudu su UV dažais ir popieriaus be atspaudu statinio ir kinetinio koeficientų priklausomybė nuo apkrovos (3, 4 pav.). Rezultatai parodė, kad įprastų dažų statinis trinties koeficientas (STK), palyginti su UV dažų statiniu koeficientu, yra šiek tiek mažesnis. Atspaudų su abiem dažais STK didėja, didėjant apkrovai (taškas, esant 200 g apkrovai, tikėtina, yra atsitiktinis dėl tam tikros eksperimento klaidos). Be to, atspaudų su abiem dažais statinės trinties koeficientas yra didesnis už popieriaus STK. Atskirai reikia pažymėti, kad STK didėjimas didėjant apkrovai rodo, kad pagrindinis veiksnys yra nelygumų mechaninė deformacija (Bartenev, Zelenev 1983).



3 pav. Statinio trinties koeficiento (STK) priklausomybė nuo apkrovos, kai greitis 100 mm/min: 1 – trintis tarp popieriaus ir atspaudu su įprastais dažais, 2 – trintis tarp popieriaus ir atspaudu su UV dažais, 3 – trintis tarp popieriaus ir popieriaus. Popierius *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>*

Fig. 3. The dependence of the static friction coefficient on load under a speed of 100 mm/min: 1 – friction between paper and print made using conventional inks, 2 – friction between paper and print made using UV inks, 3 – friction between paper and plane paper. Paper *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>*

Nagrinėjant kinetinį trinties koeficientą, matyti, kad didžiausias kinetinės trinties koeficiento reikšmės įgauna popierius be dažų, o mažiausias – atspaudas su įprastais dažais. Rezultatai rodo, kad trintį lemia abu veiksniai – popieriaus paviršiaus deformacinės savybės ir adhezinės jėgos, kurių indėlis kiekvienu atveju reikalauja atskiro detalios tyrimo, tačiau KTK mažėjimas didėjant apkrovai rodo, kad šiuo atveju didesnis vaidmuo priklauso adhezijai tarp besitrinančių paviršių (Bartenev, Zelenev 1983).



4 pav. Kinetinio trinties koeficiento (KTK) priklausomybė nuo apkrovos, kai greitis 100 mm/min: 1 – trintis tarp popieriaus ir atspaudu su įprastais dažais, 2 – trintis tarp popieriaus ir atspaudu su UV dažais, 3 – trintis tarp popieriaus paviršių. Popierius *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>*

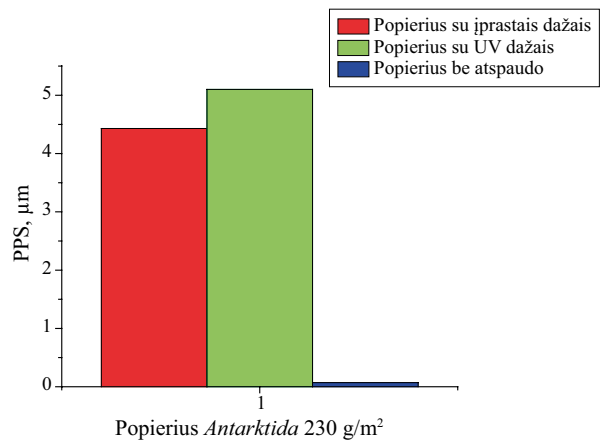
Fig. 4. The dependence of the kinetic friction coefficient on load under a speed of 100 mm/min: 1 – friction between paper and print made using conventional inks, 2 – friction between paper and print made using UV inks, 3 – friction between paper and plane paper. Paper *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>*

Ištyrus popieriaus *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>* atspaudų su įprastais, UV dažais ir popieriaus be atspaudu statinį ir kinetinį trinties koeficientus, matyti, kad statinis koeficientas visais atvejais yra didesnis. Tai reiškia, kad trintį lemia paviršiaus nelygumų pasipriešinimas deformacijai: kuo didesni nelygumai, tuo reikia didesnių pastangų juos nulenkti.

### Popieriaus ir atspaudų šiurkštumo tyrimas

Dviejų rūšių popieriaus (*Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>* ir *Antarktida 230 g/m<sup>2</sup>*) atspaudų su įprastais, UV dažais ir popieriaus be atspaudu PPS šiurkštumo matavimo rezultatai pateikiami 5–7 pav. Pateikiami popieriaus gerosios pusės, ant kurios buvo spausdinama, šiurkštumo rezultatai.

5 pav. pateikti popieriaus *Antarktida 230 g/m<sup>2</sup>* bandinių su įprastais dažais, UV dažais ir be atspaudu PPS

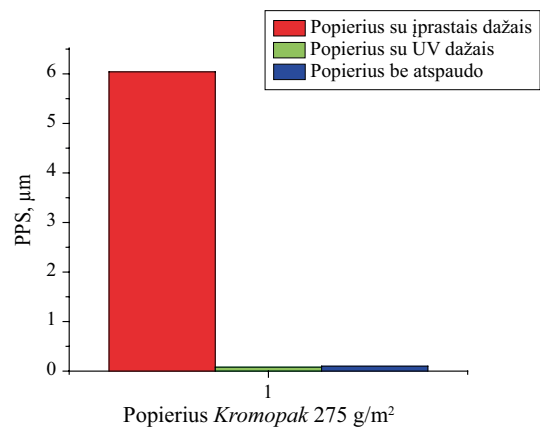


5 pav. Popieriaus *Antarktida 230 g/m<sup>2</sup>* ir atspaudų ant jo PPS šiurkštumas

Fig. 5. The roughness of paper *Antarktida 230 g/m<sup>2</sup>* and print using conventional and UV inks

šiurkštumo rezultatai. Matyti, kad bandinio su UV dažais šiurkštumas yra didžiausias, tačiau bandinio su įprastais dažais šiurkštumas tik šiek tiek mažesnis. Popieriaus be atspaudu PPS šiurkštumas yra mažas.

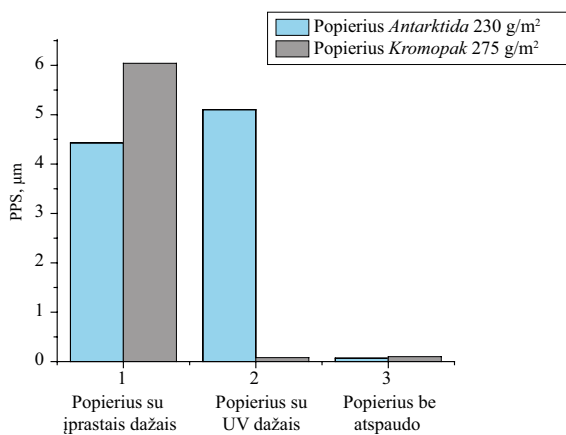
6 pav. pateikti popieriaus *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>* bandinių su įprastais dažais, UV dažais ir be atspaudu PPS šiurkštumo rezultatai. Iš grafiko matyti, kad popieriaus su įprastais dažais šiurkštumas yra kur kas didesnis nei popieriaus su UV dažais ir popieriaus be atspaudu.



6 pav. Popieriaus *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>* ir atspaudų ant jo PPS šiurkštumas

Fig. 6. The roughness of paper *Kromopak 275 g/m<sup>2</sup>* and print using conventional and UV inks

Panašūs šiurkštumo matavimo rezultatai gauti ir su popieriumi *Antarktida 230 g/m<sup>2</sup>*. Abiejų popierių rezultatai palyginti 7 pav., kuris rodo, kad įprasti dažai pastebimai didina atspaudų ant abiejų popierių šiurkštumą, o UV dažų poveikis priklauso nuo popieriaus rūšies.



7 pav. Popierių *Antarktida* 230 g/m<sup>2</sup> bei *Kromopak* 275 g/m<sup>2</sup> ir atspaudų šiurkštumas

Fig. 7. The roughness of paper *Kromopak* 275 g/m<sup>2</sup> and “*Antarktida*” 230 g/m<sup>2</sup> and print using conventional and UV inks

## Išvados

1. Įprasti dažai atspaudų paviršiaus šiurkštumą stipriai didina, o UV dažų poveikis priklauso nuo popieriaus rūšies.
2. Atspaudų su įprastais ir UV dažais statinis trinties koeficientas priklauso nuo apkrovos.
3. Bandinių su įprastais dažais statinis trinties koeficientas yra tik šiek tiek didesnis nei bandinių su UV dažais, tačiau kinetinis trinties koeficientas tarp skirtingų rūšių dažų stipriai skiriasi. Dažų rūšis lemia popieriaus trinties savybes.
4. Įprasti ir UV dažai didina atspaudų į popierių statinio trinties koeficiento dydį ir mažina kinetinio koeficiento dydį.
5. Abiejų rūšių popieriaus šiurkštumą lemia spaudos dažų ir popieriaus rūšis.

## Literatūra

- Bartenev, G. M.; Zelenev, Yu. 1983. *Fizika i mekhanika polimerov*. Moskva: Vysshaya shkola.
- Berezinas, B. 1989. *Poligrafijos medžiagos*. Vilnius. 294 p.
- Grigaliūnienė, S.; Sidaravičius, D. J.; Turla, V.; Vaitasius, K.; Ragauskas, P. 2013. Investigation of the friction of different papers and prints, in *Proceedings of the 18th International Conference Mechanika 2013*, 4–5 April 2013, Kaunas, Lithuania.
- ISO 5626:1993. *Paper and board. Determination of roughness/smoothness (air leak methods) – Print-surf method*.
- Kipphan, H. 2001. *Handbook of print media*. Heidelberg: Springer. 1168 p. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-29900-4>
- Markulytė S.; Sidaravičius J.; Turla, V. 2012. Popierius ir atspaudai – kompozicinės medžiagos, *Mokslas – Lietuvos ateitis* 4(6): 528–532. <http://dx.doi.org/10.3846/mla.2012.85>

Sidaravičius, D. J. 2012. *Spausdinimo medžiagos: laboratorinių darbų metodikos nurodymai*. Vilnius: Technika. 59 p.

Thompson, B. 1998. *Printing materials: science and technology*. Pira International.

## INVESTIGATION INTO THE FRICTION AND ROUGHNESS PROPERTIES OF PRINTS USING CONVENTIONAL AND UV INKS

G. Giraitytė, J. Sidaravičius

### Abstract

The article experimentally investigates the properties of offset print friction and determines static and kinetic coefficients of friction. Conventional and UV inks have been found to increase the static friction coefficient and reduce the kinetic friction coefficient between paper and print. The roughness properties of two different types of paper and prints using conventional and UV inks have been examined and compared thus determining that conventional inks strongly increase the roughness of print surface and that the influence of UV inks depend on the type of paper.

**Keywords:** conventional inks, friction, paper, prints, roughness, UV inks.