

## POPIERIUS IR ATSPAUDAI – KOMPOZICINĖS MEDŽIAGOS

Simona Markulytė<sup>1</sup>, Jonas Sidaravičius<sup>2</sup>, Vytautas Turla<sup>3</sup>*Vilniaus Gedimino technikos universitetas**El. paštas: <sup>1</sup>simona.markulyte@vgtu.lt; <sup>2</sup>jonas.sidaravicius@vgtu.lt; <sup>3</sup>vytautas.turla@vgtu.lt*

**Santrauka.** Popierius ir atspaudai analizuojami kaip kompozicinės medžiagos. Aprašomas atspaudų spausdinimas kaip kompozicinės medžiagos susidarymo procesas spausdinant, lakuojant ir laminuojant. Aptariama, kodėl ir kaip turėtų keistis atspaudų savybės, lyginant su popieriumi.

**Reikšminiai žodžiai:** kompozicinė medžiaga, popierius, popieriaus fizikinės savybės.

**Įvadas**

Spaudos pramonė kaip visuma pastaraisiais metais išgyveno didžiulį struktūrinį ir technologinį šuolį. Tam didžiulę įtaką turėjo informacinės kompiuterinės technikos progresas, kurios dalimi tampa šiuolaikinė ir ypač skaitmeninė spauda. Be to, prie spaudos pramonės progreso labai daug prisidėjo naujos medžiagos, pirmiausia spausdinamosios ir apdailos medžiagos (Kipphan 2002; Johansson *et al.* 2007).

Svarbiausias spaudos pramonės plėtros veiksnys yra spausdintinių gaminių paklausa. Nors kai kurių spausdintinių gamyba mažėja, tačiau kitų spausdintinių spausdinama vis daugiau, atsiranda naujų gaminių (Romano 2010). Vis didesnę vietą spaudos rinkoje užima reklaminė produkcija ir pakuotės. Pakuočių yra labai didelė įvairovė tiek pagal konstrukciją ir dizainą, tiek pagal keliamus reikalavimus. Tie reikalavimai yra labai įvairūs – mechaninis tvirtumas ir atsparumas įvairiems poveikiams, ilgaamžiškumas, prekinė išvaizda ir t. t. Daugelį reikalavimų įmanoma patenkinti tik naudojant naujas medžiagas. Tos medžiagos dažnai būna nevienalytės, t. y. kompozicinės. Tai medžiagos, sudarytos iš dviejų ar kelių komponentų, besiskiriančių vienas nuo kito pagal struktūrą ar cheminę sudėtį, kuriose šie komponentai sujungti į monolitinę struktūrą, turinčią tarp struktūrinių komponentų vienokias ar kitokias sandūros ribas. Tokioje dirbtinėje struktūroje gaunamas optimalus fizinių, cheminių ir mechaninių savybių derinys, kuris skiriasi nuo individualių kompozicinę medžiagą sudarančių komponentų savybių (Valiulis 2005). Kompozicinės medžiagos gali būti metalinės, nemetalinės, keraminės, medžiagos su polimerine matrica ir metališkieji junginiai. Jų atsiranda vis daugiau ir su ypatingomis savybėmis. Pavyzdžiui, yra sukurta lengviausia medžiaga pasaulyje – ji net 100 kartų

lengvesnė už polistireną. Dėl unikalios korytos mikrogardelinės struktūros naujoji medžiaga verčia iš naujo nustatyti lengvųjų medžiagų ribas. Tyrėjams pavyko sukonstruoti darinį, kurio net 99,99 procento sudaro oras. Kitus 0,01 procento sudaro nanometrinių, mikrometrinių ir milimetrinio mastelio kietasis kūnas (1 pav.). Tokia medžiaga gali būti pritaikoma ir gaminant spaudos pramonės gaminius.

Viena iš naujausių medžiagų yra grafenas – panašios į grafitą struktūros, tik vieno atomo storio medžiaga. Ši medžiaga pasižymi ypatingomis mechaninėmis (tvirtumu, kietumu ir lankstumu), elektrinėmis (siaurajuostis pus-



**1 pav.** Itin lengva metalinė mikrogardelė  
**Fig. 1.** Ultra light metallic micro gridron

laidininkis), optinėmis savybėmis. Dėl unikalių savybių grafas pritaikomas įvairiose srityse – elektronikoje, elektrotechnikoje, biologijoje ir kt. Iš grafeno pavyko sukurti ir nanostruktūrinius grafeno popieriaus pavyzdžius (2 pav.). Lyginant su plienu, toks grafeno popierius yra šešis kartus lengvesnis, du kartus kietesnis, dešimt kartų atsparesnis tempimui, trylika kartų atsparesnis lenkimui, o jo tankis sudaro tik penktadalį plieno tankio. Tokios formos grafas atveria naujas perspektyvas, pavyzdžiui, elektronikos prietaisams gaminti naudojamos spausdinimo technologijos.



2 pav. Grafeno popierius  
Fig. 2. Graphene paper

Atsiranda ne tik naujų kompozicinių medžiagų, bet taip pat ir technologijų, išplečiančių spausdinimo procesų technines galimybes. Vienas iš naujausių pasiekimų yra „Landa Corporation“ sukurta nanotechnologija, pagrįsta rašalinio spausdinimo technologija, ir spausdinimo mašinos. Spausdinant naujuoju būdu naudojamas itin smulkaus dispersiškumo vandeninis rašalas, kurio pigmento dalelių dydis yra vos kelios dešimtys nanometrų. Naujuoju būdu galima spausdinti ant beveik bet kokios medžiagos. Bendrovė naują spausdinimo būdą vadina „draugišku aplinkai ir taupiai naudojančiu energiją“ ir teigia, kad šiuo būdu spausdintų skaitmeninių vaizdų kaina už puslapį bus mažiausia rinkoje. Tačiau pagrindinis šios technologijos bruožas tas, kad tai ofsetinis spausdinimo būdas, todėl dažų sluoksnis gali būti daug storesnis nei esant įprastam rašaliniam spausdinimui. Tai atveria naujas galimybes spausdinimo metodais gaminti elektronikos ar elektrotechnikos elementus, susidedančius iš keleto funkcinių sluoksnių.

### Kompozicinės medžiagos susidarymas

Kompozicinės medžiagos sąvoką galima taikyti popieriumi ir atspaudams. Būdingas kompozicinės medžiagos bruožas yra tas, kad joje yra pagrindinis komponentas – matrica, lemianti pamatines medžiagos savybes, kurias kryptingai

keičiamos kitų komponentų. Kompozicinės medžiagos matrica – komponentas, kuris yra vientisas per visą kompozicinės medžiagos tūrį (Valiulis 2005). Popierius – tai augaliniai plaušeliai, persipynę mechaniškai ir susikabinę vandenilinėmis jungtimis. Šioje matricoje tarpeliai yra pripildyti užpildų ir kitų medžiagų, o dalyje porų yra tik oro. Tokia struktūra suteikia popieriui unikalias tinkamas naudoti spausdinamąsias savybes, kurias galima keisti labai plačiose ribose: ir keičiant matricos sudėtį bei struktūrą, ir užpildus bei kitus priedus. Neretai naudojamas kreidinis popierius, kurio struktūroje dar yra vienas papildomas skirtingos sudėties nei matrica sluoksnis.

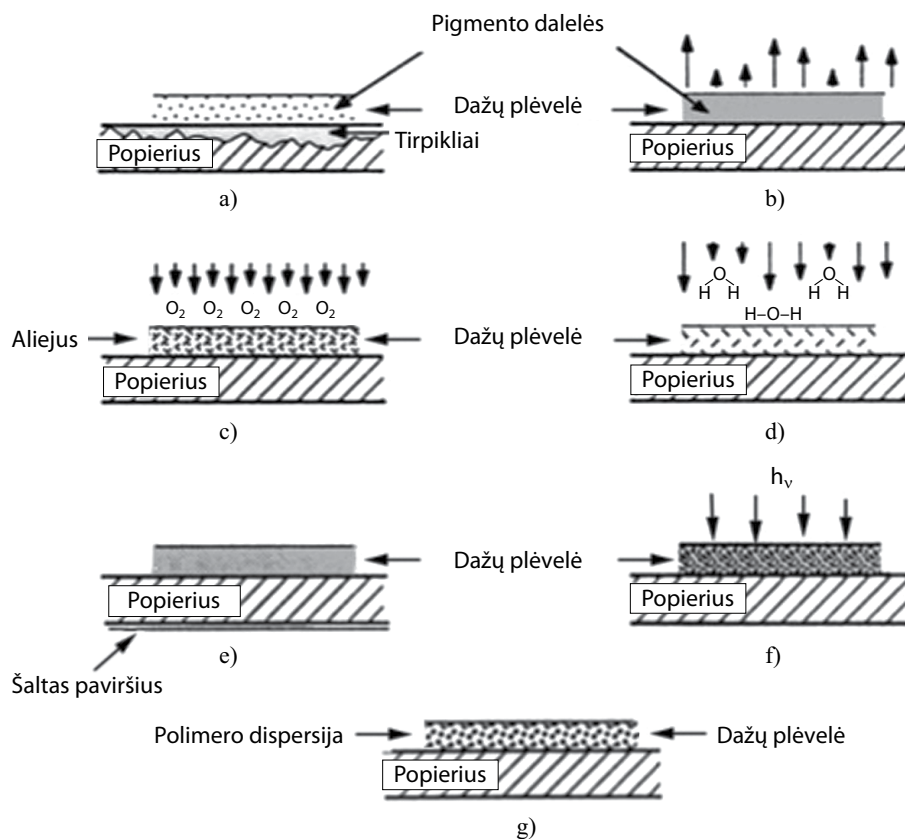
Atspaudas – tai popierius, kurio paviršiaus dalis (priklausomai nuo spausdinamos informacijos) arba kai kada ir visas paviršius padengiamas dažų sluoksniu. Todėl atspaudas laikytinas kompozicine medžiaga. Jis gaunamas spausdinant, kai dažai prispaudžiami prie popieriaus esant didesniam arba mažesniam slėgiui. Vyksta dažų sąveika su popieriumi – jis prilimpa prie paviršiaus ir iš dalies įsiskverbia į popieriaus tūrį. Dažai tvirtėdami (džiūdami) sudaro stiprią plėvelę. Priklausomai nuo spaudinių paskirties, spausdinimo būdo ir kitų technologinio proceso veiksnių, dažai sutvirtėja vykstant (3 pav.):

- a) tirpiklių įsigerimui (absorbicijai);
- b) tirpiklių išgarinimui;
- c) oksidacinei polimerizacijai;
- d) ėsdinimui;
- e) šaldymui;
- f) radiacinei polimerizacijai;
- g) sulydymui.

Susidariusios dažų ištisinės arba dalinės plėvelės keičia popieriaus mechanines, optines ir kt. savybes. Tinkamas popieriaus ir dažų parinkimas leidžia gauti reikiamos struktūros atspaudus su pageidautinomis savybėmis.

Tačiau šiuolaikiniams spausdinimams keliami įvairūs papildomi reikalavimai, todėl dažnai naudojamos papildomos dangos, kurios pakeičia gaminio prekinę išvaizdą, o kartu ir kitas spaudinio savybes. Tai lakavimas dispersiniais, UV ar elektronų spinduliu kietinamais lakais. Siekiant geriau apsaugoti atspausdintą informaciją nuo išorinių poveikių, atspaudai padengiami plėvele – laminuojami. Atspaudą su popieriumi padengus viena iš šių dangų, gaunama trikomponentė kompozicinė medžiaga.

Sudarant tokias kompozicines medžiagas (struktūras), kurios yra naudojamos kitiems gaminiams, svarbu tai, kad galima kryptingai keisti spaudinio optines, fizikines, mechanines ir kt. savybes. Tačiau reikiamų medžiagų tokioms struktūroms gauti parinkimas reikalauja atskiro tyrimo, pasitelkiant kompozicinių medžiagų tyrimo rezultatus.



3 pav. Dažų plėvelės susidarymo ant popieriaus būdai

Fig. 3. The formation of the ink film on paper

### Popierius ir atspaudai

Popierius – plonalakštė medžiaga, sudaryta iš susipynusių augalinių plaušelių, susijusių paviršiaus ryšiais. Tai poringas, turintis daug kapiliarų kūnas, į kurį gali patekti oro, drėgmės ir poligrafinių dažų, arba savotiškas karkasas, sudarytas iš celiuliozės plaušelių, stipriai tarpusavyje sujungtų cheminėmis ir vandenilinėmis jungtimis. Popieriaus matrica – komponentas, kuris yra vientisas per visą kompozicinės medžiagos tūrį, yra plaušiena. Ji suteikia gaminiui formą, suriša užpildo komponentus, tolygiai tūryje paskirsto veikiančias apkrovas. Plaušienos cheminė sudėtis: celiuliozė, ligninas, hemiceliuliozė ir ekstraktinės masės. Ji suriša į popieriaus sudėtį įeinančias medžiagas.

Dažnai popieriaus struktūra nėra vienalytė. Pirmiausia skiriasi išoriniai ir vidiniai popieriaus sluoksniai. Priklausomai nuo kalandravimo režimų, išoriniai sluoksniai gali būti puresni (silpnai kalandruotas popierius) arba tankesni (stipriai kalandruotas popierius). Tokie vidinės struktūros skirtumai keičia popieriaus mechanines, fizines ir fizines chemines savybes. Kartu keičiasi ir atitinkamos atspaudų savybės. Dar didesnę įtaką turi popieriaus dengimas kreidiniu sluoksniu, nes šio sluoksnio savybės iš esmės skiriasi nuo pagrindinių popieriaus sluoksnių savybių. Taip

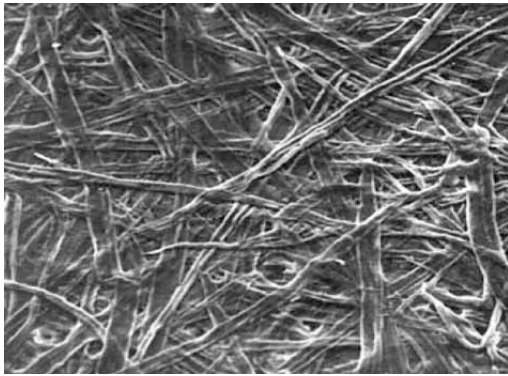
pat sluoksniuota struktūra pasižymi kartonas (4 pav.), kurio savybes reikia nagrinėti kaip kompozicinės medžiagos savybes.

Popieriaus sudėtinės dalys ir jų išsidėstymas struktūroje yra labai svarbu, kadangi jos lemia beveik visas fizines popieriaus savybes. Pavyzdžiui, popieriaus tvirtumas priklauso nuo plaušelių išsidėstymo ir sukibimo tarpusavyje. Paviršiaus šiurkštumas ir tūris priklauso nuo paviršiaus poringumo bei plaušelių ir kitų sudedamųjų dalių masto struktūroje. Plaušelių išsidėstymas tarpusavyje turi įtakos labai svarbioms popieriaus optinėms savybėms (Niskannen 2008), kurios lemia atspaude esančios informacijos suvokimą, atspaudų prekinę išvaizdą ir pan.



4 pav. Daugiasluoksnis kartonas: 1 – išorinis sluoksnis, 2 – posluoksnis, 3 – vidiniai sluoksniai, 4 – apatinis sluoksnis

Fig. 4. Multilayer board: 1 – upper layer, 2 – primer layer, 3 – inner layers, 4 – under layer



**5 pav.** Mikroskopinis popieriaus paviršiaus vaizdas  
**Fig. 5.** Microscopic image of paper surface

Be fizikinių savybių, tiesiogiai nuo plaušelių struktūros priklauso popieriaus morfologija (5 pav.). Erdvinis plaušelių išsidėstymas struktūroje yra stochastinis ir dažnai nepastovus. Tačiau kitos popieriaus sudėtinės dalelės ir cheminiai komponentai yra prisitvirtinę prie plaušelių taip pat tam tikru atsitiktiniu būdu. Visa tai turi įtakos popieriaus ir dažų sąveikai ir naujos struktūros susidarymui.

Dažai – tai pagrindinė poligrafijos medžiaga, skirta atvaizdui ant paviršiaus sudaryti. Dažai susideda iš spalvotų medžiagų (pigmentų) – kietos dispersinės fazės ir rišamųjų medžiagų (rišiklių) – skystos dispersinės fazės. Be to, naudojami priedai, reguliuojantys lipnumą, klampumą, sutvirtinimo greitį ir kitas savybes.

Rišamąsias medžiagas (rišiklius), t. y. skystąją dažų fazę, sudaro dervos, įvairūs tirpikliai ir priedai. Jos suteikia dažams spausdinimo savybių: gebėjimą pasiskleisti plonu, lygiu sluoksniu, patekti ant spausdinimo formos, pereiti nuo formos ant spausdinamo paviršiaus ir sutvirtėti ant jo.

Pigmentai – smulkiadispersiai milteliai, netirpūs vandenyje, aliejuje ir organiniuose tirpikliuose. Jie spaudos dažams suteikia optinių ir kai kurių fizikinių savybių. Taip pat svarbu paminėti, kad dauguma spaudos dažų savybių priklauso nuo reguliuojamo pigmento dydžio. Šios mažos dalelės suteikia spalvai intensyvumą, blizgumo, išsklaidymo, takumo (Frimova *et al.* 2005).

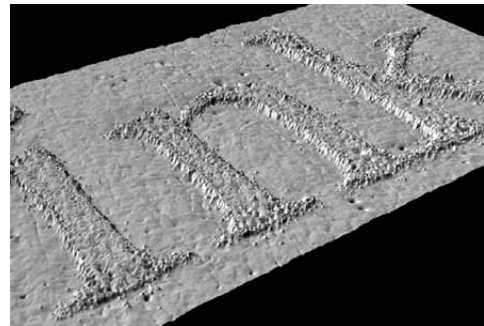
Spausdinti naudojami spalvotieji pigmentai, kuriems keliami spalvos atitikimo ir atsparumo šviesai bei skaidrumo reikalavimai. Purpuriniai, žydri ir geltoni pigmentai, skirti dažų triadai, turi būti skaidrūs. Be spalvotųjų pigmentų, spaudai taip pat naudojama techninė anglis – tai smulkiagrūdis, sodriai juodas, šviesai absoliučiai atsparus pigmentas.

Visi pigmentai turi būti:

- atsparūs vandeniui;
- lengvai maišytis su rišikliu;
- būti imlūs aliejui;

- atsparūs šarmams ir rūgštims;
- atsparūs šilumai;
- atsparūs alkoholiui;
- greitai džiūti.

Svarbu yra tai, kad dažai keičia popieriaus fizikines ir mechanines savybes, t. y. atspaudos savybės daugiau arba mažiau skiriasi nuo popieriaus savybių. Spausdinant dažų dalelės įsiskverbia tarp popieriaus plaušelių ir prisitvirtina prie jų atsitiktine tvarka. Susidaro papildomas sluoksnis ant popieriaus – dažų plėvelė. Tokiu būdu susidaro nauja kompozicinė medžiagos struktūra. Mikroskopinis dažų plėvelės ant popieriaus vaizdas pateiktas 6 pav.



**6 pav.** Mikroskopinis dažų plėvelės ant popieriaus paviršiaus vaizdas

**Fig. 6.** Microscopic image of the ink film on paper surface

Lyginant su popieriumi atspauduose keičiasi šios svarbios spaudinių fizikinės ir kitos savybės: tvirtumas, paviršiaus šiurkštumas, trintis, poringumas, optinės savybės – spalva, blizgumas ir kt. Tie pokyčiai gali labai skirtis, priklausomai nuo spausdinimo būdo, nes skiriasi ne tik dažų savybės, bet ir dažų sluoksnio storis ir jo sankiba su popieriumi.

Lakavimas yra vienas iš plačiai naudojamų atspaudų apdailos procesų. Šiuolaikinėse spausdinimo mašinose dažnai yra papildomos lako sekcijos. Žvelgiant iš šalies, lakas yra nematoma atspaudos dalis. Jis yra skaidrus ir permatomas. Bet iš tikrųjų – ar tai būtų ofsetinis lakas, ar dispersinis lakas, ar UV greito džiūvimo – jis atspaudui suteikia naujų savybių. Pavyzdžiui, minėtos lako rūšys keičia paviršių blizgumą. Jie būna matiniai, blizgūs ir labai blizgūs. UV lakas išsiskiria privalumų gausa: įvairūs blizgesio efektai, dalinio lakavimo, perlamutrinio lakavimo, metalizuotas lakas, lakas su pageidaujamu kvapu, atsparus temperatūros pokyčiams, atsparus išblukimui sukuria erdvinį 3D vaizdą. Tačiau po atspaudos lakavimo keičiasi ne tik jo paviršiaus savybės, bet ir anksčiau minėtos fizikinės savybės. Lakuoti atspaudai pasižymi didesniu mechaniniu stiprumu bei atsparumu drėgmei ir paviršiniams pažeidimams. Tai susilaukia tyrėjų dėmesio, pavyzdžiui, popieriaus bei at-

spaudų, lakuotų UV laku, blizgumas ir šiurkštumas buvo tirtas Karlovičiaus ir Novakovičiaus (Karlovic, Novakovic 2010). Buvo nustatyta, kad didėjant UV lako kiekiui ant atspaudų didėja blizgumas, tačiau šiurkštumo reikšmės mažėja. Deja, darbų, kuriuose tiriami atspaudai kaip kompozicinė medžiaga, yra labai mažai, nors tai ir yra aktuali problema.

## Išvados

1. Popierius ir atspaudai pagal struktūrą ir savybes yra kompozicinės medžiagos.
2. Išnagrinėjus sudėtinės popieriaus dalis ir atsižvelgus į kompozicinės medžiagos apibrėžimą, galima teigti, kad popierius jau savaime yra kompozicinė medžiaga, kurios matrica yra celiuliozės plaušai.
3. Išnagrinėjus popieriaus ir atspaudų sudėtį ir struktūrą galima teigti, kad po spaudos proceso susidaro kompozicinė medžiaga, sudaryta iš skirtingą struktūrą ir cheminę sudėtį turinčių pamatinių medžiagų.
4. Išnagrinėta literatūra leidžia teigti, kad anksčiau aptartas struktūras (popierių, kartoną, atspaudus) tikslinga įvairiapusiškai tirti kaip kompozicines medžiagas.

## Literatūra

- Frimova, A.; Pekarovicova, A.; Fleming, P. D; Pekarovic, J. 2005. Ink Stability During Printing, *Taga Journal 2*. Swansea printing technology.
- Johansson, K.; Lundberg, P.; Ryberg, R. 2007. *A Guide to Graphic Print Production*. Lohn Wiley&Sons, Hoboken, New Jersey.
- Karlovic, I.; Novakovic, D. 2011. Effect of different amounts on the surface roughness and print gloss of screen coated offset prints, *Journal of Imaging Science and Technology 55(2)*: 020501-1020501-10.
- Kipphan, H. 2002. *Handbook of Print Media*. Heidelberg.
- Niskannen, K. 2008. *Paper physics*. Finnish Paper Engineers' Association/Paperi ja Puu Oy.
- Romano, F. 2010. *The Future of Print in the 21<sup>st</sup> Century*. EastmanKodak Company.
- Valiulis, A. V. 2005. *Naujos medžiagos*. Vilnius: Technika. 186 p.

## PAPER AND PRINTS AS COMPOSITE MATERIALS

S. Markulytė, J. Sidoravičius, V. Turla

### Abstract

Paper and prints on it are analyzed as composite materials. Printing, varnishing and lamination are described in terms of the formation of the composite material. The article discusses why and how the properties of a print should differ from the properties of paper.

**Keywords:** composite material, paper, physical properties of paper.