

Soproni Egyetem

Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar

Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák
Doktori Iskola

**FLEXO NYOMTATÁSSAL KÉSZÜLT
HAJLÉKONY FALÚ CSOMAGOLÓANYAGOK
GYÁRTÁSI FOLYAMATÁBAN A KRITIKUS
PONTOK FELTÁRÁSA, KUTATÁSOK A
LEHETSÉGES FEJLESZTÉSI TERÜLETEKEN**

Című PhD értekezés téziszülete

Készítette: Várza Ferenc

Témavezető: Joóbné Dr. Preklet Edina,

Dr. habil. Horváth Csaba

Sopron

2024

1. A kutatási téma időszerűsége, célkitűzések

A fokozatosan szigorodó higiéniai elvárások, a körforgásos gazdaság követelményei, az innovatív gyártási eljárások és a vásárlók igényeinek változása, erőteljes fejlesztéseket követelnek a hajlékonyfalú élelmiszer-csomagolások anyagában, megjelenésében és alkalmazási módjaiban egyaránt. Ezek túlnyomó része nyomtatott termék, ezért a flexográfiai nyomtatási eljárással szemben is egyre magasabbak a követelmények a jövőben. Mindez számos olyan elméleti és gyakorlati problémát generál, amelyekben a tudományos kutatás módszerei nyújthatnak megoldást.

A nyomtatminőség javítása, a nyomtatási problémák megelőzése csökkenti a selejt mennyiségét, hatékonyabb és energiatakarékosabb gyártási folyamatot eredményez. Ennek feltétele az alapanyagok viselkedésének, hatásmechanizmusának pontos ismerete a teljes nyomtatási folyamat alatt.

Az előoldali (direkt) flexo nyomatok alkalmazása elősegíti az egynemű – egyszerűbben újrahasznosítható – csomagolóanyagok elterjedését. Ennek kritériuma, a hátoldali (tükör) nyomtatás minőségi szintjének megközelítése.

A lakkozási folyamatok során használt alapanyagok mennyiségének és a munkafolyamat hosszának redukálása hatékonyabb, gazdaságosabb, környezettudatosabb működést biztosít.

A kutatás elsődleges célja a flexo nyomtatás gyakorlatában legnagyobb jelentőséggel bíró problémák megjelenítése és megoldása, melyen belül a részfeladatokat az alábbiak szerint határoztam meg:

- Poliészter tükörnyomtatást vizsgálva azt elemezni, hogy megfelelően kiválasztott, újfajta kliséfelületi mintázatokkal és festékekkel lehetséges-e az oldószeres nyomtatás 4 és 7 színes (CMYK és CMYKOGV) színterének fokozása, UV-flexohoz való közelítése, ezáltal az átjárhatóság kiterjesztése a két nyomtatási technológia között.
- A szintérvizsgálatok további célja, a monoszerkezetű csomagolások gyártásának elősegítése, az előoldali nyomtatás minőségi szintjének a hátoldali nyomatok minőségéhez való közelítésével.
- A festékek viszkozitás-változásának ok-okozati feltárása a sztenderdizálható viszkozitásbeállítási módszerek kidolgozásának biztosításához.
- A fedettségi és száradási problémák vizsgálata, mivel a fehér festékréteg minősége meghatározó a szintér és a nyomatkép tekintetében.
- Az eddigi két szint (lakkozott, nem lakkozott) helyett többféle fényességi/mattsági szint létrehozása egyetlen lakkozó formával, azon belül különböző geometriájú kliséfelületi struktúrákkal, autotípiai rács használata nélkül, berakódásmentesen.

2. Vizsgálati anyagok és módszerek

Nyomathordozó: 12 mikronos F-AUT PET fólia

Klisé típusok:

- Flint (X-SYS) ACE-D
- Flint (X-SYS) ACT-D
- MacDermid LUX ITP-60
- DuPont EASY ESE

Festék típusok:

- Doneck Pronat Euro-Base család
- Flint Group Flexocure Ancora 50 B3 alacsony migrációs színes festék
- JKM Pronat UV Flexo Low Migration White NLM- alacsony migrációs fehér festék

Lakk típusok:

- Doneck Pronat termékek
- Actega Wesso termékcsalád 3615 és 26.351.28

Alkalmazott nyomdagépek:

- SOMA Flex Midi II, központi ellennyomóhengeres, oldószeres, 8 színes
- Bobst M6, soros, UV, 9 színes

Alkalmazott mérőműszerek:

- Biuged BGD 516/3 fényességmérő
- X-Rite eXact 1 színmérő
- X-Rite i1iO 2 szintér ábrák mérése
- Peret FLEX³PRO flexo lemezelemző
- Horiba Partica LA-950V2 méreteloszlás elemző
- MYR V1-es típusú rotációs viszkoziméter

Módszerek

Fehér fedettségi érték vizsgálati módszere: A tesztnyomatokat egy fekete alapfóliára lamináltuk, és a laminátumon mértük X-Rite eXact spektrofotométerrel az elérhető fehérséget CIE $L^*a^*b^*$ értékeként. Itt az abszolút értékeket nézzük, azaz mennyire tudjuk megközelíteni az ideális színtani fehéret ($L^*=100$ $a^*=0$ $b^*=0$). A fedés mértéke mindig függ az alátétanyagtól is. Mérhető az alapanyag fedett-fedetlen részének a ΔE ($L^*a^*b^*$) színkülönbsége is. Azonban minden esetben fontos az alátétanyag pontos beazonosíthatósága, megnevezése, hogy később más mérésekhez is beszerezhető legyen ugyanaz az anyag. Ezekkel a feltételekkel leginkább csak a CIE $L^*a^*b^*$ mérések L^* értékére kell koncentrálnunk, az a^* és a b^* abszolút értékeknek 2-3 alatt szükséges maradniuk. Az alátétanyag pontos paraméterei: Fekete PE fólia vastagság: 100 μm ; $L^*10,42$; $a^*0,31$; $b^*1,21$.

A kitöltési arány és a geometriai értékek mérésére a fehér tesztnyomatok esetében egy Peret Flex3Pro megnevezésű műszert használtunk.

A méreteloszlás elemzését TiO_2 pigmentek esetében a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen a Horiba Partica LA-950V2 berendezéssel végeztük.

A fényességi értékek méréséhez Biuged BGD 516/3 műszert használtunk.

A színtér ábrák mérése X-Rite i1iO 2 készülékkel GMG OpenColor programmal történt. A program meghatározta az egyes színterek térfogati értékeit és képes két színtér adattartományt összevetni, amelyről bármilyen L (Lightness = világosság) értékben síkmetszeti képet készíthetünk. Vizsgálataink során az 20, 50 és 80-as L értékek esetén készítettünk sík metszeti képeket. Ez a módszer alkalmas arra, hogy az egyes színterek közötti különbségeket, azok kiterjeszhetőségét, közöttük lévő átjárhatóság mértékét vizsgálhassuk.

Festék reológiai vizsgálatainkhoz MYR V1-es típusú rotációs viszkozimétert használtuk, ami alkalmas különböző nyíróigénybevételek mellett a folyadékviszkózitás mérésére. Az állandó pontos festékhőmérsékletet a WEB MLW PRÜFGERATE – WERK MEDINGEN/SITZ FREITAL U15C típusú berendezés biztosította.

3. Új tudományos eredmények összefoglalása

3.1. UV-oldószeres technológia átjárhatósága

Azt kívántam bizonyítani, hogy megfelelően kiválasztott, újfajta kliséfelületi mintázatokkal és festékekkel lehetséges az oldószeres nyomtatás 4 és 7 színes (CMYK és CMYKOGV) színterének fokozása, UV-flexohoz való közelítése, ezáltal az átjárhatóság kiterjesztése a két nyomtatási technológia között.

UV technológia esetében a maximális szintértérfogat 1033598, amit gumi sleeve-es fehér nyomtatás alkalmazása mellett értünk el tükörnyomtatással. Amennyiben a fehéret klisével nyomtattuk, az elérhető maximális szintér: 984369 szintértérfogati értéket mutatott, amit ACT-D square rácsozatú fehér klisé alkalmazása mellett értünk el. Ezek a vizsgálatok is igazolják, hogy mekkora jelentősége van a fehér háttér nyomtatásának. A két eltérő fehér nyomtatási technológia az elérhető nyomtatási szintérben 4,8%-os változást okoz. Méréseink alapján megállapítottuk, hogy a szinterek közötti legnagyobb eltérések a közepes világossági tartományban találhatóak.

Direkt nyomtatás esetén UV technológiával maximális szinteret lakkozás nélkül ACT-D típusú speciális „G” mintázatú fehér klisével értünk el 1116529 szintértérfogati értéket produkálva.

Oldószeres technológiában a maximális szintér – 1004039 – eléréséhez szükségünk volt egy fényes lakk

alkalmazására. A fényes lakkot és a fehér festéket ebben az esetben gumi sleeve segítségével juttattuk a felületre. Az így elért szintér 10%-ban tér el egymástól. A sötét és a közepes világossági tartományokban jelentősebb eltérést tapasztaltunk.

Az oldószeres technológia a zöldek és magentás árnyalatok esetén, míg az UV technológia a cián és a violás tartományban biztosított nagyobb színteret. A tesztnyomatok vizsgálati eredményei bizonyították hipotézisemet.

Tézis 1. HD FLEXO/Pixel+ kliséfelületi mintázatokkal és magasan pigmentált festékekkel lehetséges az oldószeres nyomtatás 4 és 7 színes (CMYK és CMYKOGV) színterének kiterjesztése, UV-flexohoz való közelítése, ezáltal az átjárhatóság lehetőségének bővítése a két nyomtatási technológia között.

3.2. Elő- és hátoldali nyomtatás átjárhatósága

Vizsgálataimmal megoldást kerestem arra, hogy a hátoldali nyomtatás minőségét az előoldali nyomatok minősége megközelítse. Oldószeres technológia esetében a megfelelően kiválasztott mikrocellás klisék és lakk alkalmazásával a tükör- és a direktnyomatás szintere közötti különbséget 1% alá tudtuk csökkenteni. Ebben az esetben direktnyomatás esetén a szintér térfogata 1004039 míg a tükörnyomatás esetében 997140. Direktnyomatás esetén lakk nélkül a szintértérfogat speciális mikrocellás klisé alkalmazása mellett is csak

821829 volt. Ebből is láthatjuk, hogy mennyire hasznos lehet egy fényes lakk alkalmazása a termékek színeinek dinamikusabbá tétele szempontjából. Emellett a lakk a festékrétegnek fizikai védelmet is nyújt. Az oldószeres direktnyomatás esetében fényes lakk használata mellett 18%-os színtérnövekedést értünk el.

Az UV technológia esetében kutatásunk során az elő- és hátoldali nyomtatás színtértérfogata közötti különbséget 10% alá tudtuk csökkenteni.

Tézis 2. Megfelelő fényes lakk és 4000 dpi-s vonalrácsos kliséfelületi mintázat bevezetésével az elő- és hátoldali nyomtatás közötti átjárhatóság az általunk alkalmazott paraméterekkel megvalósítható. A tükör- és a direktnyomatás megvalósítható szinterei közötti különbség oldószeres technológia esetén térfogatszázalék tekintetében 1%, míg az UV technológia esetén 10% alá csökkenthető.

3.3. Reológiai vizsgálatok

Vizsgálataim során a festékek reológiai tulajdonságait vizsgálva méréseket végeztem változó nyíró igénybevétel és hőmérséklet mellett. A festékek esetében általában elvárt pszeudoplasztikus viselkedés helyett a cián és a fekete festék 22,4 Celsius-fokon 100-as RPM nyíróigénybevétel felett dilatánsan viselkedik. Az adott jelenség fizikai magyarázatát megfogalmaztam. Reológiai kutatásom megfelelő alapot biztosít olyan festékek kifejlesztéséhez, melyekkel kiküszöbölhetőek a

nyíróigénybevétel változás hatására bekövetkező nem várt viszkozitási problémák.

Tézis 3. Igazolom, hogy a flexo festékek esetében – a négy alapszín közül – a cián és fekete festék az elvárt pszeudoplasztikus viselkedés helyett bekövetkező dilatáns rendszerre jellemző viselkedést mutat, melynek oka, a molekulák hidroxilcsoportjai között kialakuló erős hidrogénhid-kötések adott hőfokon történő megjelenése, amely jelentősen megnöveli a nyíróerőt.

3.4. A fehér festék felhordási problémáinak vizsgálata

Oldószeres festékek alkalmazása mellett vizsgáltam, hogy mely felületimintázat-típus és hozzá megfelelő Shore A keménységű polimerklisé kombinációja biztosít egyszerre ideálishoz közeli fedettséget, festékfelhordást, pontnövekedést és raszterpontrajzolatot. A matt TiO_2 pigmenteket tartalmazó festék minden vizsgált klisé típus esetén maximális fedettséget mutatott. Ebből arra következtetünk, hogy a matt TiO_2 pigmentek nagyobb fedettséget biztosítanak. 30%-os vagy afeletti rasztertartomány esetében a legkisebb pontnövekedési értékeket az ACT klisé és a teszt3 festék valósította meg. Pontnövekedés szempontjából a lassú száradású fehér festék alkalmazása előnyös. A felületmintázati vizsgálataink alapján a legnagyobb fedettséget és legszebb rajzolatú pontokat – az általunk használt mintázatok közül – a MG25 mintázattal értük el, mely

alapján megállapítottuk, hogy vonalas felületmintázattal érhető el a legnagyobb fedettség fehérnyomtatás esetén.

Tézis 4. Flexonyomtatás során a fehér festékréteg minősége meghatározó a színtér és a nyomatkép tekintetében. Igazolom, hogy oldószeres flexo technológia esetén a vonalrácsos felületimintázattípussal készült lágy (74 Shore A keménységű) polimerklisé biztosít ideálishoz közeli fehér fedettséget, festékfelhordást, pontnövekedést és raszterpontrajzolatot. A matt TiO_2 pigmentek növelik a fedőképességi szintet.

3.5. Matt lakkozott felületek struktúrájának elemzése

A kutatás célja volt egy új megközelítés és módszer kifejlesztése, mellyel az eddigi két szint (lakkozott, nem lakkozott) helyett többféle fényességi/mattsági szintet is elérhetünk egyetlen lakkozó formával, azon belül különböző geometriájú kliséfelületi struktúrákkal, autotípiái rács használata nélkül, berakódásmentesen. A teszteredmények segítségével pontosabb képet kaptunk arról, hogy az általunk kifejlesztett laktípus a különböző felületi mintázatú klisék alkalmazása esetén milyen fényességi értékeket produkál. A gyakorlatban alkalmazható anilox paraméterek esetében a legkisebb fényességi értékeket az XSYS ACT-D klisékkel értük el. Ebből arra következtetünk, hogy a puhább klisék alkalmazásával növelhető a lakkozott felület mattsága. Egy nyomaton belül a legnagyobb fényességbeli eltérést

66,7, minimális 27,8 értéktől a 94,5 maximális értékig az 360/5,5 Anilox és a Flint ACE-D klisé alkalmazásával érhetjük el. A legmattabb felületeket 45 fokos vonalas geometriájú felületi mintázat eredményezte. Minden esetben a legkisebb fényességi értékeket a Flint ACT-D klisékkel értük el. A nagy szemcseméretű mattítószer alkalmazása esetén a felületmintázattal nem befolyásolható a nyomtatott felület mattsága.

Tézis 5: Kidolgoztam egy új módszert, amellyel az eddigi két szint (lakkozott, nem lakkozott) helyett többféle fényességi/mattsági szint is létrehozható egyetlen lakkozó formával, különböző geometriájú 4000 dpi-s kliséfelületi struktúrákkal, autotípiái rács használata nélkül, berakódásmentesen. Kisebb Shore A keménységű klisék alkalmazásával növelhető a lakkozott felület mattsága. A legmattabb felületeket 45 fokos vonalas geometriájú felületi mintázat eredményezi.

4. Dolgozat témájához kapcsolódó publikációk:

1.

Várza, Ferenc ; Horváth, Csaba; Joóbné, Preklet Edina
Innovatív felületnemesítés flexonyomtatásban: a matt lakkozásban rejlő speciális lehetőségek vizsgálata
MAGYAR GRAFIKA 67: 1 pp. 42-48., 7 p. (2023)

2.

Horváth, Csaba ; Várza, Ferenc ; Manúrová, Klaudia
Analysis of the Matte Varnishing Structure of Flexible-walled Packaging Materials In the Case of Flexographic Printing Technology

In: s., n. Proceedings of the Technical Association of the Graphic Arts, TAGA

Oklahoma City (OK), Amerikai Egyesült

Államok: Technical Association of the Graphic Arts (TAGA) (2022) pp. 1-10., 10 p.

Scopus

3.

Horváth, Csaba ; Várza, Ferenc ; Manúrová, Klaudia
Analysis of the flexo printed matte varnishing structure of polyester substrate

In: Proceedings - The Eleventh International Symposium GRID 2022

University of Novi Sad, Faculty of technical sciences, Department of graphic engineering and design (2022) pp. 343-348., 6 p.

DOI SOE Publicatio repozitórium Scopus

4.

Maňúrová, Klaudia ; Joóbné, Preklet Edina ; Horváth, Csaba ; Várza, Ferenc

*A FLEXONYOMTATÁS ÉS NYOMDAI ELŐKÉSZÍTÉS
STANDARDIZÁLÁSI ÉS OPTIMALIZÁLÁSI
LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA A
MAGYARORSZÁGI NYOMDÁKBAN*

In: Koncz, István; Szova, Ilona (szerk.) TIZENKILENC
ÉVE AZ EURÓPAI MAGYARORSZÁG
TUDOMÁNYOS MEGÚJULÁSA ÉS A FIATAL
KUTATÓK SZOLGÁLATÁBAN: A PEME XXIII. PhD
– Konferenciájának előadásai (Budapest, 2022. április
28.) Budapest, Magyarország: Professzorok az Európai
Magyarországért Egyesület (2022) 163 p. pp. 114-125.,
12 p.

5.

Várza, Ferenc ; Horváth, Csaba

*A fehérsímképek fejlesztési lehetőségei: vizsgálatok a
flexográfiai nyomtatás területén*

MAGYAR GRAFIKA 66 :1 pp. 4-8., 5 p. (2022)

6.

Várza, Ferenc ; Horváth, Csaba ; Joóbné, Preklet Edina

*Hajlékonyfalú csomagolóanyagok struktúrájának
elemzése flexográfiai matt lakkozási technológia esetén*

In: Obádovics, Csilla; Resperger, Richárd; Széles,
Zsuzsanna (szerk.) PANDÉMIA – FENNTARTHATÓ
GAZDÁLKODÁS – KÖRNYEZETTUDATOSSÁG:

Konferenciakötet (Lektorált tanulmányok)

Sopron, Magyarország: Soproni Egyetemi

Kiadó (2022) 485 p. pp. 448-453., 6 p.

DOI SOE Publicatio repozitórium

7.

Ferenc, Várza ; Edina, Preklet ; Csaba, Horváth

*APPLICATION ANALYSIS OF WHITE
FLEXOGRAPHIC PRINTING INKS ON
BIODEGRADABLE FLEXIBLE FOILS*

In: Karlovits, Igor (szerk.) Proceedings of the 2nd
International Conference on Circular Packaging
Ljubljana, Szlovénia: Pulp and Paper
Institute (2021) 333 p. pp. 311-320., 10 p.

DOI SOE Publicatio repozitórium

8.

Ferenc, VÁRZA ; Csaba, HORVÁTH ; Edina,
PREKLET

*ANALYSIS OF THE MATT LACQUERING
STRUCTURE OF FLEXIBLEWALLED PACKAGING
MATERIALS IN THE CASE OF FLEXOGRAPHIC
PRINTING TECHNOLOGY*

In: Csanák, Edit (szerk.) 8TH INTERNATIONAL
JOINT CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL AND
LIGHT INDUSTRY TECHNOLOGIES

Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem (2021) pp.
83-88., 6 p. SOE Publicatio repozitórium

9.

Várza, Ferenc ; Joóbné, Preklet Edina ; Horváth, Csaba
A fehér festékek alkalmazási problémáinak vizsgálata a

flexográfiai nyomtatási folyamatok technológiájában

In: Koncz, István; Szova, Ilona (szerk.) XXI. PEME–
PhD (Online) Konferencia: TIZENNYOLC ÉVE AZ

EURÓPAI SZINTŰ TUDOMÁNYOS MEGÚJULÁS
ÉS A FIATAL KUTATÓK SZOLGÁLATÁBAN
Budapest, Magyarország: Professzorok az Európai
Magyarországért Egyesület (2021) 219 p. pp. 207-214.,
8 p.

10.

Várza, Ferenc

*Adaptációs lehetőségek az UV-Flexo nyomtatási
technológiában (2. rész)*

MAGYAR GRAFIKA 65: 1 pp. 12-14., 3 p. (2020)

11.

Várza, Ferenc

*Adaptációs lehetőségek az UV-Flexo nyomtatási
technológiában (1. rész)*

MAGYAR GRAFIKA 64: 6 pp. 14-17., 4 p. (2020)