

Kjell Grotell

Aaltopahvin post-print-fleksopainatuksen laatuun vaikuttavat tekijät

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Mediatekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
10.8.2012

Tekijä Otsikko	Kjell Grotell Aaltopahvin post-print-fleksopainatuksen laatuun vaikuttavat tekijät
Sivumäärä Aika	39 sivua + 1 liite 10.8.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	graafinen tekniikka
Ohjaajat	osastopäällikkö Olavi Läärä yliopettaja Pentti Viluksela
<p>Insinöörityössä tehtiin selvitys aaltopahvin post-print-fleksopainatuksen osavärien kohdistuvuuteen ja laatuun vaikuttavista tekijöistä jatkuvasti kiristyvien laatuvaatimusten vuoksi. Työssä vertailtiin konventionaalista painolaatan valmistusta digitaaliseen laatanvalmistustekniikkaan työn tilaajayrityksen investointi- ja kehityssuunnitelman tueksi. Tavoitteena oli myös kartoittaa kohteita tuotantoketjussa myöhemmin perustettaville kehitys- ja tutkimusprojekteille.</p> <p>Työssä tutkittiin esivalmistelun eri työvaiheita ja selvitettiin, löytyisikö tarvetta muuttaa tai korjata jotakin materiaaleihin tai työskentelymenetelmiin liittyvää. Pääpaino tutkimuksissa keskittyi painolaatan valmistukseen. Painamisen osalta tutkittiin painoprosessissa aikaisemmin havaittujen ongelmien aiheuttajia, kuten painovärin kuivumista painopinnalle painatuskatkoksen aikana.</p> <p>Työssä tutkittiin myös konventionaalisessa laatanvalmistuksessa muodostuvaa painopinnan kokonaisvenymää, ja tuloksena oli reprotyövaiheen työskentelytapojen uudelleen ohjeistaminen sekä RIP:n pituussuuntaisen venymän korjauskertoimen muuttaminen. Painamisen osalta tutkittiin joustoalustan ongelmia materiaalin kovettumisen sekä veden vaikutusta painosylinterin ja joustoalustan välissä painojälkeen. Painoalustasta irtoavien kuitujen ja painoväriin sekoittuvien epäpuhtauksien osalta suositeltiin värisuodatinten ja painokoneen ilmansuodattimien huoltovälin lyhentämistä sekä tiheämpien suodattimien hankintaa.</p> <p>Tutkimustulosten valossa ehdotettiin yritykselle, että painolaatanvalmistuksessa siirryttäisiin CTP-tekniikkaan. Joustoalustana käytetyn avosoluisen materiaalin rinnalla tutkittaisiin umpisoluisen materiaalin käyttömahdollisuutta. Ehdotettiin myös, että yritys tutkisi mahdollisuutta välikuivainten hankkimiseen ja asentamiseen high quality -painokoneisiin, mikä mahdollistaisi painovärin matalamman viskositeetin ja samalla vähenisivät painatushäiriöt painopintaan kuivuneen värin ja epäpuhtauksien osalta.</p>	
Avainsanat	aaltopahvi, post-print, fleksopaino, painolaatan valmistus

Author	Kjell Grotell
Title	Factors affecting the flexographic corrugated board postprinting quality.
Number of Pages	39 pages + 1 appendix
Date	10 August 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Graphic Technology
Instructors	Olavi Läärä, Department head Pentti Viluksela, Principal Lecturer
<p>The goal of this thesis was to make a list of factors affecting the quality of flexographic postprinting of corrugated cardboard and factors affecting color registry during printing because the increased quality requirements. I compared the conventional flexo platemaking with CTP-platemaking to support the company's investment- and development plan. The goal was also to map out objects in the production chain for further research and development projects.</p> <p>I studied the different job stages in the prepress unit to examine if there was any need to change materials or adjust working methods. The main weight of my study was set on the platemaking process. About printing my study focused on earlier discovered factors that cause problems during printing, for example printing ink drying on the printing plate during standstill.</p> <p>I studied the overall stretch that composes on the printing plate in conventional platemaking. The outcome was re-instructions for the reproduction work and changes on the correction multipliers for raster image processor. Concerning printing I studied the problems water causes between the print cylinder and the flex-packing material to the print, I also studied the hardening of the flex-packing material caused by printing ink. Fibers loosen from the printing surface with dust mixed with printing ink causes standstills in the printing process, therefore I suggested the company to acquire more thick filters for the air- and ink filtering, I also suggested to cut down the maintenance interval to ensure clean filters.</p> <p>As results of my studies I suggested the company to study the possibilities to change from conventional platemaking to CTP-platemaking. I also suggested to start a research project to study the alternative flexpacking materials to avoid the known problems in the printing process. Also a research project is needed to study the possibilities of installing dryers between printing units, it would make possible to use printing ink with lower viscosity and to decrease standstills during printing caused by dry ink on the printingplate.</p>	
Keywords	corrugated cardboard, postprint, flexographic, platemaking

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Fleksopaino	3
2.1	Fleksopainomenetelmä	3
2.2	Painokonetyypit	7
3	Aaltopahvi	11
3.1	Aaltopahvin perustyyppit	11
3.2	Raaka-aineet ja kartonkien valmistus	13
3.3	Aaltopahvin valmistus	16
4	Aaltopahvin post-print-fleksopainatuksen laatuun vaikuttavat tekijät	19
4.1	Painon esivalmistelu	19
4.2	Repro	20
4.3	Raster Image Processor	20
4.4	Filmit	21
4.5	Painolaatta	22
4.6	Painokoneet	26
4.7	Joustoalusta	28
4.8	Toiminnanohjausjärjestelmä	29
4.9	Painaminen	29
5	Pohdinta	33
6	Yhteenveto	35
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Painopinnan kokonaisvenymän tutkimus	

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on tehdä selvitys aaltopahvin post-print-fleksopainatuksen osavärien kohdistumiseen ja painoprosessiin vaikuttavista tekijöistä sekä löytää parannusehdotuksia jatkuvasti kiristyviin laatuvaatimuksiin painon ja jälkijalostuksen osalta. Selvitystyön tavoitteeksi asetettiin myös painolaattojen valmistuksessa käytettävän konventionaalisen valmistusmenetelmän vertailu uudempiin tekniikoihin, laitteiston nykyaikaistamiseen tähtäävän investointisuunnitelman tueksi.

Insinööriyö rajataan koskemaan painotyökaluprosessin työvaiheiden kulkua ja painamisprosessia. Tutkin esivalmistuksen eri työvaiheiden kulkua ja selvitän, löytyisikö tarvetta muuttaa tai korjata jotakin materiaaleihin tai työskentelymenetelmiin liittyvää. Painamisen osalta tutkimukseni keskittyy painoprosessissa ennalta havaittujen ongelmien aiheuttajien selvittämiseen ja niiden kartoittamiseen. Käytännössä seuraan muutamaa ennalta valittua painotyötä esivalmistuksen, painon ja jälkijalostuksen osalta. Töistä keräämäni tiedon sekä havaintojeni pohjalta tehdään muutamia koepainatuksia korjausehdotusteni oikeellisuuden ja tarpeellisuuden varmistamiseksi. Valtaosan tutkimuksistani teen painopintaan liittyvien ongelmien selvittämiseksi. Valmistutan useita koelaattoja ja suoritan niillä koepainatuksia. Kerätystä mittausdatasta teen useita havaintoja, jotka vaativat jatkotutkimuksia insinööriyöni lisäksi. Aaltopahviin liittyvien tutkimusten tekeminen jätetään pois tiukan aikataulun vuoksi. Värihallintaan en myöskään ota kantaa työssäni, koska yrityksessä on parhaillaan sitä koskeva tutkimusprojekti meneillään.

Insinööriyön toimeksiantaja on StoraEnso Oyj:n tytäryhtiö StoraEnso Packaging Oy. Pääyhtiö kuuluu maailman johtaviin metsäteollisuusyhtiöihin. StoraEnso Oyj:n päätuotealueita ovat paino- ja hienopaperit, pakkauskartongit ja puutuotteet. Tytäryhtiö StoraEnso Packaging Oy valmistaa ja jalostaa aaltopahvipohjaisia pakkauksia sekä valmistaa ja markkinoi pakkauskoneita ja järjestelmiä osana pakkauskartonkisegmenttiä. Yhtiö pyrkii tehostamaan ja parantamaan tuotteitaan niin tuotannollisesti kuin laadullisesti. Yhtiössä tehdään tutkimustyötä ja tuotteita kehitetään aktiivisesti. Opinnäytetyöt kuuluvat StoraEnso Oyj:n liiketoimintastrategiaan, ja niitä tehdään yhtiön eri yksiköissä useita vuosittain.

StoraEnso Oyj tuottaa 10,3 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia (1, s. 24). Suomen osuus tästä on 35 %, 12,3 miljoonaa kuutiometriä sahatavaraa ja 2,2 miljoonaa kuutiometriä jatkojalosteita (2). Liikevaihtoa yhtiölle kertyi 10,9 miljardia euroa vuonna 2011. Suurimmat osakkeenomistajat yhtiössä 30.4.2006 ovat Suomen valtio 12,3 % (ääniosuus 25,1 %), Suomalaiset yhteisöt 16,5 % (ääniosuus 22,2 %) sekä Ruotsalaiset yhteisöt 9,8 % (ääniosuus 5,6 %). StoraEnso Oyj:n osakkeet noteerataan Helsingin ja Tukholman pörseissä. Yhtiöllä on noin 29 500 työntekijää yli 40 maassa. (1, s. 4-30.)

Euroopan aaltopahvituotanto on noin 40 miljardia neliometriä. StoraEnso Oyj tuottaa tästä yli 50 %, josta Suomen osuus on noin 210 miljoonaa neliometriä (3). StoraEnso Packaging Oy on alansa markkinajohtaja Suomessa. Yhtiö on Euroopassa kymmenen suurimman aaltopahvinvalmistajan joukossa. Alan suurimmat toimijat ovat SCA, Jefferson Smurfit, Kappa Packaging ja International Paper. StoraEnso Packaging Oy:lla on 19 toimipaikkaa neljässätoista eri Euroopan maassa (4). Yhtiön aaltopahvituotanto vuonna 2012 on yhteensä 1400 miljoonaa neliometriä, eli noin 2,6 miljoonaa tonnia (3).

StoraEnso Packaging Oy valmistaa tuotteita käyttötarkoituksen mukaan. Näitä tuotteita ovat kuljetuspakkaukset, ryhmä- ja myymäläpakkaukset, kuluttajapakkaukset, esittelytelineet ja somistusmateriaalit, yksipuoleinen aaltopahvi sekä pakkauskoneet ja järjestelmät.

2 **Fleksopaino**

2.1 **Fleksopainomenetelmä**

Aniliinipainoa, fleksopainon esiastetta, käytettiin 1800-luvun lopulla yksinkertaiseen paperipussien ja säkkien merkintään. Painopintana toimi leimasimen kaltainen kumi-laatta, ja painovärit olivat aniliinipohjaisia, paksuja ja tahnamaisia.

1950-luvulla painokoneiden ja painoprosessin kehityttyä menetelmää alettiin kutsua fleksografiaksi. Nimitys tulee painomenetelmässä käytettävästä fleksiibelistä eli joustavasta painolaatasta. Fleksopainossa käytetään juoksevaa matalaviskoottista painoväriä, joka kuivuu nopeasti.

Fleksopainomenetelmä on korvannut kohopainon aaltopahvin painamisessa, ja se on ylivoimaisesti käytetyin menetelmä pakkauksien painamisessa. Suurimpina etuina ovat fleksopainokoneiden yksinkertainen värilaitte ja mahdollisuus painaa erilaisille materiaaleille. Viimeisten vuosien aikana on painokoneiden ja värien kehitys mennyt eteenpäin todella suurin harppauksin: fleksopainojälki lähestyy offset- ja syväpainon laatua.

Fleksopainamisessa vesi- tai liuotinhenteinen juokseva painoväri siirretään anilox- eli rasteritelalla painolaatan koholla olevalle painoaiheelle ja edelleen puristustelan ja painotelan väliin syntyvässä painonipissä painettavalle materiaalille. Matalaviskoottinen painoväri kuivuu nopeasti, mikä mahdollistaa suuren tuotantonopeuden ja erilaisille materiaaleille painamisen. Painolaatan joustavuus mahdollistaa myös painamisen karhealle ja epätasaiselle pinnalle, kuten aaltopahville.

Fleksopainaminen soveltuu erinomaisesti pakkauspainatukseen sen joustavan painolaa-
tan ansiosta. Sillä voidaan painaa paperille, muoville, erilaisille laminaateille, kartongille
ja aaltopahville. Painettavan pinnan ei tarvitse olla tasainen kuten muissa painatusme-
netelmissä. Fleksopainolla voidaan painaa nestepakkauksia ja elintarvikepakkauksia
esimerkkeinä yksikköpakkaukset, muovi- ja metallipakkaukset, jopa sanomalehtiä ja
tapetteja painetaan fleksolla.

Fleksopainatuksen sovellusmahdollisuudet ovat moninaiset: aaltopahvia voidaan pai-
naa valmiina eli post-print-painatuksena tai esipainaa pelkkä pintakartonki pre-print
menetelmällä ennen varsinaista aaltopahvin valmistusta.

Kartonkiset elintarvikepakkaukset painetaan lähes poikkeuksetta rullalta rullalle, koska
painaminen usein on oma valmistusprosessin osa ennen seuraavaa työvaihetta, joka
voi olla esimerkiksi laminointi tai painetun rainan pituusleikkaus pienempiin, pakkaus-
koneisiin sopiviin rulliin. Aaltopahvin post-print-painanta on arkkipainamista. Painetut
arkit jälkijalostetaan stanssaamalla rotaatio- tai tasostansseilla.

Painovärit

Fleksopainamisessa yleisimmin käytetyt painovärit ovat joko liuotinhenteisiä tai ve-
siohenteisiä matalaviskoottisia värejä. Myös erikoisvärejä kuten kaasuun, höyryyn ja
säteilyyn reagoivia indikaattorivärejä käytetään muun muassa steriloitaviin sairaalapak-
kauksiin. Aaltopahville painettaessa käytetään vesiohenteisiä värejä ja lakkoja, materi-
aalin huokoisuus mahdollistaa nopean värin imeytymisen ja kuivumisen. Liuotinpohjai-
sissa väreissä liuottimen nopea haihtuminen mahdollistaa painamisen muoville ja muille
materiaaleille, joille vesiohenteiset värit eivät sovellu.

Painolaatat

Perinteinen kumista vulkanoimalla valmistettu fleksopainolaatta on poistumassa käytöstä heikon painojäljen ja vaikeasti hallittavan valmistusprosessin takia. Nykyään käytettävät polymeerilaatat ovat paksuudeltaan 0,75–6 mm ja kovuuksiltaan 18–80 shore A. Painolaatan ominaisuudet valitaan painettavan materiaalin vaatimusten mukaan sopiviksi, esimerkiksi aaltopahville käytettävät painolaatat ovat paksuudeltaan 1,14–4,70 mm ja kovuudeltaan 30–70 shore A, käytettävästä materiaalista ja painojäljen vaatimuksista riippuen.

Painolaattoja valmistetaan usealla eri menetelmällä. Perinteinen konventionaalinen menetelmä, jossa ensin tulostetaan filmit ja niiden läpi UV-valolla valottamalla valmistetaan laatat, on eniten käytetty vielä toistaiseksi. Uusia tekniikoita ovat laservalotus ja suorakaiverrusmenetelmät, jotka hyödyntävät CTP-tekniikkaa. Lyhenne CTP tulee sanoista Computer To Plate, joka on tietokoneelta suoraan painolevylle tulostava tekniikka. Kehitys etenee tällä hetkellä niin nopeasti, että on vaikea ennustaa, mikä tekniikka on tulevaisuudessa käytetyin.

Painolaite

Painolaite on fleksopainokoneessa se osa, jossa väri siirtyy aniloxtelalta painolaatalle ja painonipissä painettavalle materiaalille. Painolaitteita on painokoneessa yleensä useita kappaleita, jopa kymmenen, mikä mahdollistaa useiden värien käytön yhdellä ajokerralla. Painolaatalta väri siirtyy painettavalle materiaalille painotelan ja puristustelan väliin muodostuvassa painonipissä.

Painonipin puristusta muuttamalla säädetään painettavalle materiaalille siirtyvää värimäärää. Painolaitteen säädöillä on ratkaiseva rooli painojäljen laatuun. Väärin säädetyllä painolaitteella saadaan aikaan puuttuvia pisteitä, pisteenkasvua, painoaiheen venymistä, ohuiden linjojen kaatumista, ja jopa painolaatan rikkoutuminen on mahdollinen painolaitteen virheellisellä säädöllä. Aaltopahville painettaessa on myös vaarana painettavan materiaalin kasaan puristuminen, jolloin aaltopahvin lujuusominaisuudet kärsivät.

Väri-laite

Fleksopainokoneessa käytettävä matalaviskoottinen väri mahdollistaa väri-laitteen yksinkertaisen rakenteen. Toisin kuin offsetpainokoneiden monimutkaisen väritelaston säädellässä painopinnalle siirrettävän värin määrää, hoituu samainen asia fleksokoneissa kammiokaavaimella ja anilox-telalla.

Painoväriä pumpataan kammiokaavaimeen, josta se siirtyy suoraan anilox-telalle. Kaavaimen terät huolehtivat ylimääräisen värin poistosta telan pinnalta ja tiivistävät kammiokaavaimen anilox-telaa vasten muodostaen suljetun kierron väriastian ja väri-laitteen välille.

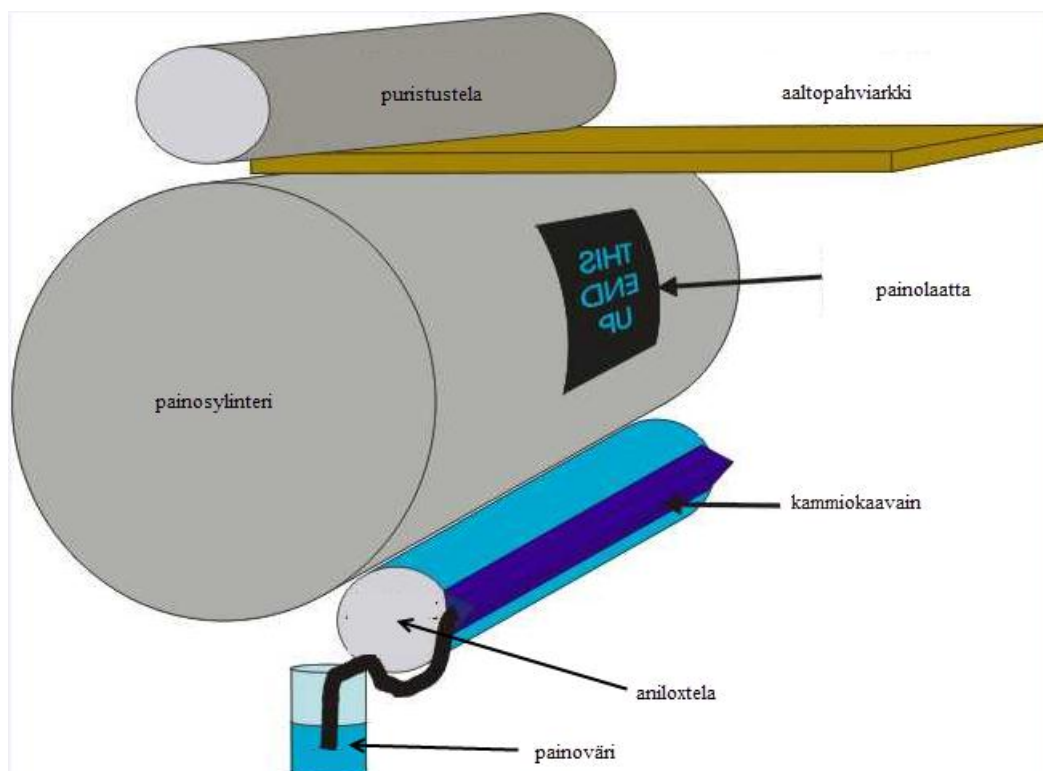
Kammiokaavaimen käytön etuja on nopea väri-nvaihto työn vaihdon yhteydessä vähäisen väri-laitteen pesun tarpeen ansiosta. Kammiokaavain ei myöskään vaadi suurta määrää painoväriä värin siirtoon, painolaatalle verrattuna perinteiseen väri-ialtaaseen väri-nsiirtoteloineen, toisin sanoen kammiokaavaimen käytöllä säästyy suuri määrä painoväriä, joka muuten jouduttaisiin varastoimaan seuraavaa käyttökertaa varten.

Anilox- eli rasteritelan tehtävänä on siirtää sopiva määrä väriä painotelalle. Telan väri-nsiirto-ominaisuuksiin vaikuttavat rasterikupin muoto, syvyys, pinta-ala, telan pinnoite ja rasterikuppien linjatiheys. Yleisimmin käytetään keraamisia anilox-teloja niiden hyvän kulutuskestävyyden ja uudelleen pinnoitettavuuden ansiosta.

Anilox-telan ja painotelan väliin muodostuvassa väri-nipissä painoväri siirtyy painotelalle kiinnitetyle painolaatalle. Väri-nipin puristusta muuttamalla saadaan painolaatalle siirtyvää väri-määrää säädettyä. Väri-laitteen säädöillä on painolaitteen ohella suuri merkitys painolaatuun. Väri-n säädetyllä väri-laitteella aiheutetaan muun muassa puuttuvia pisteitä ja tahrimita, jopa painolaatan rikkoutuminen on mahdollinen.

2.2 Painokonetypit

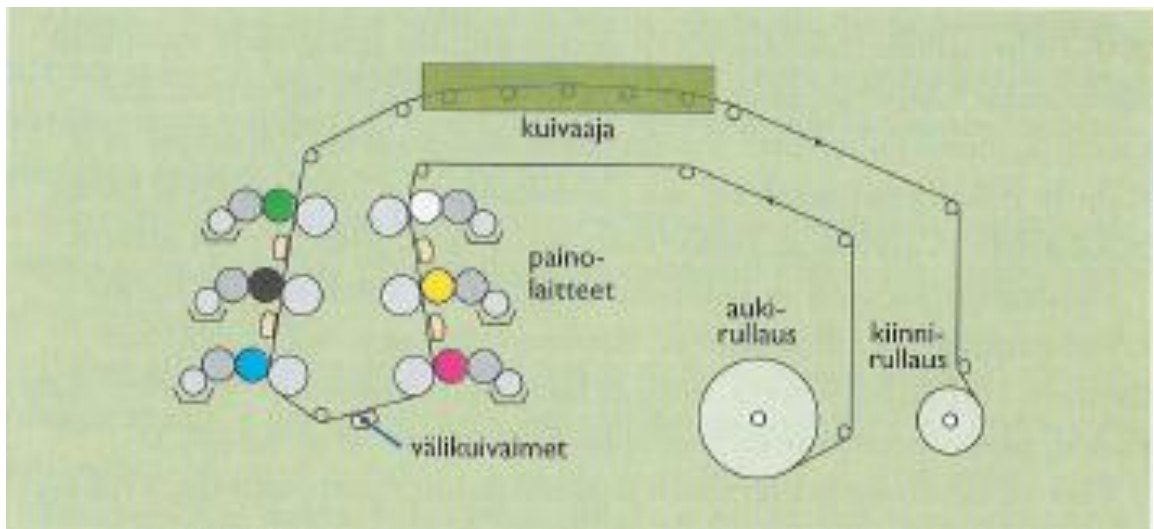
Fleksopainokoneet ovat yleisesti moniyksikköisiä toiselle puolelle rataa eli "päältä" painavia rotaatiokoneita. Tämä tarkoittaa yleisesti painotelan sijoitusta painettavan materiaalin ylä- tai etupuolelle. Myös painatusprosessi on yleisesti rullalta rullalle tapahtuvaa. Aaltopahvin painatuksessa käytettävät "alta" painavat koneet ovat arkkisyöttöisiä ja suunniteltuja juuri tähän käyttötarkoitukseen soveltuviksi (kuva 1). Välikuivaimia niissä on harvoin painoyksiköiden välissä, kuten esimerkiksi paperille, kartongille, muoveille ja laminaateille soveltuvissa koneissa. Alapuolelle painavassa koneessa on painotela sijoitettu painettavan materiaalin alapuolelle syväpainokoneen tapaan. Koneleveydet vaihtelevat käyttötarkoituksen mukaan, 20 senttimetrisistä aina 4,5 metriä leveisiin aaltopahvin post-print-painokoneisiin saakka.



Kuva 1. Alta painavan fleksopainokoneen painolaitteen periaate (5).

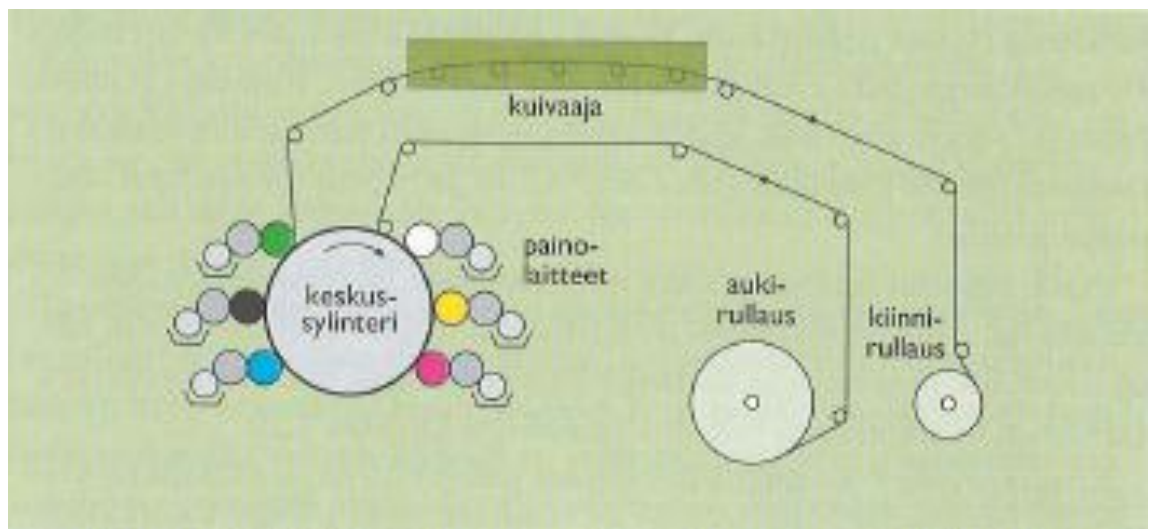
Fleksopainokoneet voidaan jakaa kolmeen perustyyppiin: stack-koneet, keskussylinteri- eli satelliittikoneet ja inline-koneet. Painettavan tuotteen ominaisuudet, kuten painos- määrä, värillisyys, formaatti, materiaali ja painojäljen laatuvaatimukset, vaikuttavat käytettävän painokoneen valintaan, myös hankinta ja ylläpitokustannukset ovat vaikut- tava tekijä konehankinnoissa.

Stack-koneessa (kuva 2) painoyksiköt sijaitsevat päällekkäin yleensä kahdessa rivissä. Jokaisessa painoyksikössä on oma puristusylinteri. Yksiköiden välissä on välikuivain nopeuttamassa värin kuivumista ennen seuraavan osavärin painamista. Yleisesti stack- eli torni-koneet ovat 2 – 10-yksikköisiä. Stack-koneet eivät sovellu kovin vaativiin pai- notöihin. Konetyypille ominaista on värikohdistuksen huojunta erityisesti ohuilla materi- aaleilla. Paksuille papereille ja kartongille painettaessa saavutetaan tyydyttävä kohdis- tustarkkuus. Konetyypin etuna ovat helpot ja nopeat työn vaihdot, lyhyet pesuajat ja nopeat säädöt. Stack-koneessa voidaan käyttää suuria painosylintereitä, jotka mahdol- listavat suuriformaattisten töiden painamisen.



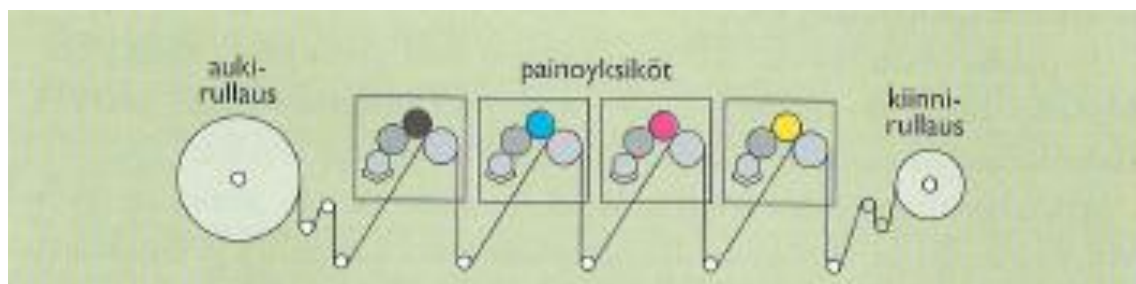
Kuva 2. Stack-tyyppinen fleksopainokone (6, s. 86).

Keskussylinteri- eli satelliittikoneessa (kuva 3) painoyksiköt sijaitsevat yhden keskussylinterin ympärillä, joka toimii puristussylinterinä yhteisesti kaikille osaväreille. Konetyypin etuna on hyvä kohdistustarkkuus, kun painettava materiaali on kontaktissa keskussylinteriin koko painamisprosessin ajan. Keskussylinterikone soveltuu erityisesti ohuiden ja venyvien materiaalien painamiseen. Painomenetelmä on yleisesti rullalta rullalle painamista kuten stack-koneissakin. Konetyypin etuna voidaan myös pitää sen kompaktia kokoa muihin konetyyppeihin nähden. Yleisesti painoyksiköiden lukumäärä satelliittikoneissa on 2 – 12.

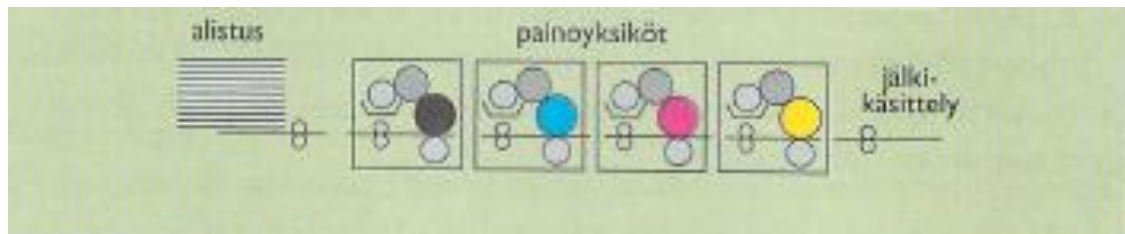


Kuva 3. Keskussylinterifleksopainokone (6, s. 86).

In-line-koneissa (kuvat 4 ja 5) painoyksiköt ovat peräkkäin omina moduuleina, joita voidaan asentaa haluttu määrä käyttötarkoituksen mukaan. In-line-painokoneet voivat olla erittäin leveitä, aaltopahvin painamiseen tarkoitettuja jopa 4,5-metrisiä. Koneisiin voidaan helposti asentaa jatkojalostusyksiköitä ja jälkikäsittelytoimintoja, kuten esimerkiksi rotaatiostanssi. Konetyyppi soveltuu sekä rainapainatukseen että arkkipainamiseen. Aaltopahvin painamiseen tarkoitettuja arkkipainokoneita ovat yleisesti 3–6-yksikköisiä, usein myös jatkojalostus- ja jälkikäsittelylaitteilla varustettuja konekokonaisuksia.



Kuva 4. In-line-rullapainokone (6, s. 86).



Kuva 5. In-line-arkkipainokone (6,s. 86).

3 Aaltopahvi

3.1 Aaltopahvin perustyytit

Aaltopahvi muodostuu yhdestä tai useammasta aallotetusta kartonkikerroksesta ja yhdestä tai useammasta pintakartonkikerroksesta, jotka on liitetty toisiinsa liimaamalla tarkoituksenmukaisella tavalla. Aallotettua kartonkia kutsutaan aallotuskartongiksi eli flutingiksi, joka on puristamalla pakotettu aallon muotoiseksi. Pintakartongit, joita kutsutaan lainereiksi, muodostavat aaltopahville ominaisen suoran pintakerroksen. Liimana käytetään yleensä maissitärkkelystä, myös vehnä- ja perunatärkkelystä voidaan käyttää.

Aaltopahvia valmistetaan useita eri lajeja. Vaihtelemalla raaka-aineita ja lisäaineita sekä muuntelemalla niiden käsittelyä prosessin aikana saadaan suuri määrä erilaisia kartonkivaihtoehtoja, joilla kullakin on tietyt ominaisuudet.

Yksipuoleinen aaltopahvi (kuva 6) muodostuu yhdestä pintakartongista ja yhdestä aallotuskartongista.



Kuva 6. Yksipuoleinen aaltopahvi (7).

Kaksipuoleinen yksiaaltoinen aaltopahvi (kuva 7) muodostuu kahdesta pintakartongista ja yhdestä aallotuskartongista eli siinä on yhteensä kolme osaa.



Kuva 7. Kaksipuoleinen yksiaaltoinen aaltopahvi (7).

Kaksipuoleinen kaksiaaltoinen aaltopahvi (kuva 8) koostuu viidestä osasta. Siinä on kaksi pintakarttonkia ja kaksi aallotuskarttonkia ja niiden välissä yksi suora karttonki.



Kuva 8. Kaksipuoleinen kaksiaaltoinen aaltopahvi (7).

Aaltolukumäärää kasvattamalla vaikutetaan aaltopahvin rakenteen lujuuteen. Kaksiaaltoisen kartongin jäykkyys-, lujuus- ja suojausominaisuudet ovat paremmat kuin yksiaaltoisella aaltopahvilla. Myös aaltopahvilaatikon pinoamislujuus ja -kestävyys paranevat kun käytetään kaksiaaltoista karttonkia. Luonnollisesti myös aaltopahvin neliömassa ja laatikon paino kasvavat, mutta suhteessa huomattavasti vähemmän kuin lujuusominaisuudet.

3.2 Raaka-aineet ja kartonkien valmistus

Aaltopahvin valmistukseen käytetään useita eri raaka-ainekomponentteja. Samoja ainesosia käytetään myös paperin valmistuksessa. Myös valmistusprosessi on paperinvalmistuksen kaltainen. Pääraaka-aineet kartongin valmistuksessa ovat lehti- ja havupuusta valmistettu mekaaninen, puolikemiallinen ja kemiallinen massa eli sellu, kierto-kuitu, liimat ja erilaiset lisäaineet esimerkkeinä epäorgaaniset mineraalipigmentit ja kaoliini. Aaltopahvista 96,8 % on puukuitua, 2,9 % liimaa ja 0,3 % lisäaineita sekä painoväriä. (8, s. 23.)

Kartongin lujuusominaisuuksia säädellään valmistuksen alkuvaiheessa kuitujen jauha-
tuksella. Kuitujen, veden ja lisäaineiden seos eli massaliete johdetaan viiralle, jossa osa ylimääräisestä vedestä poistuu. Viiraosan jälkeen rainan kuiva-ainepitoisuus on noin 10 %. Viiran läpi poistunut vesi palautuu perälaatikkoon noutamaan uusia kuituja. (8, s. 27.)

Raina etenee viiraosan jälkeiseen puristinosaan, jossa vettä poistetaan puristamalla kuitumatosta. Puristinosan jälkeen kuiva-ainepitoisuus on noin 40 %. Loput rainassa jäljellä olevasta vedestä poistetaan kuivausosassa. Valmiin kartongin kosteustavoite on 6 - 8 %. (8, s. 27.)

Aaltopahviteollisuudessa käytettävät kartongit ovat lähes poikkeuksetta monikerroskar-
tonkeja. Niiden valmistuksessa käytetään useampaa massansyöttöpäätä eli perälaatik-
koa. Viiraosassa kerrokset huopautetaan toisiinsa, jolloin ne menevät osittain toistensa
sisään ja muodostavat kiinteän rakenteen keskenään. Tällä tavoin saadaan kartongille
haluttuja ominaisuuksia, jotka vaikuttavat rakenteeseen, lujuuteen ja ulkonäköön. Esi-
merkkeinä ovat pilvikartonki ja valkopintainen laineri.

Pintakartongit

Pintakartonkeina eli lainereina käytetään useaa eri tyyppiä. Kraftlainer on yleensä kakkerroksinen sulfaattikartonki, jolla on paras veto-, repeytymis- ja puhkaisulujuus muihin kartonkeihin verrattuna. Kraftlainerin pohjakerroksen muodostaa sulfaattisellu, josta osa korvataan yleensä keräyspahvikuidulla. Pintakerrokseen käytetään yleensä vain puhdasta sulfaattimassaa. Tämä muodostaa oikeanvärisen sileän pinnan ja antaa riittävän pintalujuuden sekä hyvät painatusominaisuudet kartongille. Kraftlaineria valmistetaan ruskeana, valkoisena ja valkopintaisena. Jos lainerilta vaaditaan erityisen hyvää ulkonäköä ja erityisen hyvää painettavuutta, se voidaan pinnoittaa kaoliini-mineraalipigmenttiseoksella eli pastalla. Pinnoitteen absorptio-ominaisuudet heikentävät painoväriin kuivumista moniväripainatuksissa ja näin ollen alentavat painatusnopeutta välikuivaimettomassa fleksopainokoneessa. Ongelmaa pyritään ratkaisemaan pinnoitteiden ja painovärien jatkuvalla tuotekehityksellä.

Testlainer on myös monikerroskartonki, joka valmistetaan pelkästään kiertokuidusta. Testlainerin lujuusominaisuudet ovat alhaisemmat kuin kraftlainerin, mutta ajettavuus ja painettavuus ovat lähes samaa luokkaa, ja se on hinnaltaan edullisempaa.

Testlainerin pintakerros valmistetaan aaltopahvikiertokuidusta, jolla pintaominaisuudet saadaan halutuiksi. Testlainerin pohjakerros valmistetaan kokonaan erilaisista kiertokuitumassoista vaadittavista lujuusominaisuuksista riippuen. Testlaineria valmistetaan kolmea eri tyyppiä, hinta ja suorituskyky alenevat järjestyksessä: test1, test2 ja test3. Testlainereita valmistetaan nykyisin myös alhaisissa neliöpainoissa. LWL eli light weight liner. Sekä test- että kraftliner soveltuu hyvin käytettäväksi kevyissä mikroaaltopahveissa ja pakkauksissa, joissa pinoamislujuus ei ole määräävä ominaisuus.

Testlaineria valmistetaan ruskeana, pilvipintaisena, valkopintaisena ja päällystettynä.

Myös aallotuskartonkia käytetään pintakartonkina, mutta sen lujuusominaisuudet ovat selvästi heikommat ja pinta epätasaisempi ja karheampi kuin itse lainerilla. Lisäksi kääreeksi tarkoitettussa yksipuolisessa aaltopahvissa voidaan käyttää voimapaperia ja oksamassasta valmistettua laineria. (8, s. 28 – 29.)

Aallotuskartonki

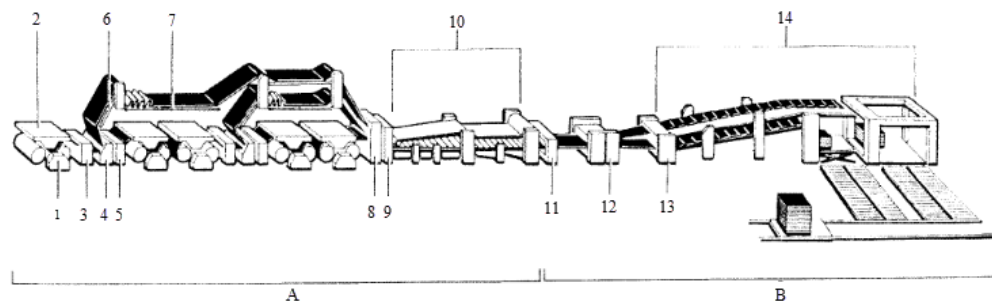
Aallotuskartonki eli fluting on valmiin aaltopahvin paksuuteen ja lujuusominaisuuksiin ratkaisevasti vaikuttava komponentti. Aaltopahvin paksuuteen vaikuttaa valittu aallon korkeus. Lujuusominaisuudet saadaan halutuiksi valitsemalla tarkoituksenmukainen aallotuskartonki.

Aallotuskartonkia valmistetaan puolikemiallisesta lehtipuumassasta, johon on lisätty enintään 15 prosenttia pitkäkuituista havupuumassaa, esimerkiksi oksamassaa. Kierrätyksen kasvun ja teknisten valmiuksien parantumisen ansiosta flutingkartonkeja valmistetaan yhä enemmän myös uusiomassasta. Raaka-aineina käytetään klippingiä, joka on aaltopahvin jalostuksesta kierrätettyä leikkuujätettä, keräyspaperia ja -kartonkia. Uusiokartongin lujuusominaisuudet eivät luonnollisestikaan ole yhtä hyvät kuin ensiökartongin, mutta valmistuskustannuksiltaan se on huomattavasti edullisempaa. (8, s. 30 – 31.)

3.3 Aaltopahvin valmistus

Aaltopahvikone

Aaltopahvikonetta voidaan kutsua tuotantolinjaksi, joka käyttää raaka-aineinaan kartonkirullia ja liimaa. Aaltopahvikone jaetaan märkään (kuvan 9 osa A) ja kuivaan päähän (kuvan 9 osa B), kuten paperikonekin. Aaltopahvikoneen märän pään osia ovat rullapukki (kuvan 9 osa 1), rullanvaihtaja (kuvan 9 osa 2), pintakartongin esilämmitin (kuvan 9 osa 3), aallotuskartongin esilämmitin (kuvan 9 osa 4), aallotusyksikkö (kuvan 9 osa 5), ylösvetokuljetin (kuvan 9 osa 6), silta (kuvan 9 osa 7), esilämmittimet (kuvan 9 osa 8), liimausyksikkö (kuvan 9 osa 9) ja arina (kuvan 9 osa 10). Kuivassa päässä koneen osia ovat tilauksenvaihtoleikkuri (kuvan 9 osa 11), pituusleikkuri (kuvan 9 osa 12), poikkileikkuri (kuvan 9 osa 13) ja vastaanottolaitteet (kuvan 9 osa 14).



Kuva 9. Aaltopahvikone (8, s. 33).

Aaltopahvin valmistusprosessi

Rullalta purkautuva aallotuskartonki esilämmitetään, kostutetaan ja aallotetaan, minkä jälkeen aallonharjoille levitetään liima. Samanaikaisesti aallotusyksikön toiselta puolelta puretaan rullalta pintakartonkia, joka esilämmityksen jälkeen liitetään aallotuskartongin liimatuille aallonharjoille puristuksen avulla. Syntynyt yksipuoleinen aaltopahvirata johdetaan ylösvetokuljettimen välityksellä sillalle. Sillalta yksipuoleinen aaltopahvirata etenee esilämmityksen kautta liimausyksikköön, jossa aallotuskartongin toisille aallonharjoille levitetään liima. Toinen esilämmitetty pintakartonkirata liitetään yksipuoleiseen aaltopahvirataan puristamalla, jolloin lopullinen jäykkä kaksikerroksinen aaltopahvirakenne muodostuu. Arinan tehtävänä on poistaa kartongeista ylimääräinen kosteus ja kuivata liimasaumat. Pituusleikkuri eli trimmeri leikkaa radan halutunlevyisiksi radoiksi ja huolehtii reunojen puhtaaksileikkauksesta. Poikkileikkuri leikkaa radat halutunkokoisiksi aaltopahviarkeiksi, jotka vastaanottolaitteisto pinoaa sopiviksi toimituseriksi välivarastointia ja jatkojalostusta varten. Toiminnanohjausjärjestelmä määrää kulloinkin valmistuksessa olevan aaltopahvin koostumuksen ja formaatin. (8, s. 33 – 56.)

Aaltopahvin jalostus

Aaltopahviarkit siirtyvät aaltopahvikoneelta välivarastoinnin kautta joko suoraan asiakkaalle toimitettavaksi tai jatkojalostukseen. Jalostusvaihtoehtoja on useita. Esipainetusta eli pre-printlainerista valmistetut aaltopahviarkit siirtyvät suoraan joko taso- tai rotaatiostanssaukseen, jossa ylimääräinen kartonki leikataan arkista pois ja saadaan esimerkiksi laatikkoaihio asiakkaan tarpeiden mukaiseksi. Myös esiliimattuja laatikoita on mahdollista valmistaa. Esipainettua laineria painetaan offset- ja silkkipainomenetelmillä silloin, kun painojäljeltä vaaditaan erittäin korkeaa laatua tai kun valmistuserä on niin suuri, että se on taloudellisesti kannattavaa.

Suomessa tällainen valmistusmenetelmä on suhteellisen harvinaista, pois lukien esimerkiksi matkapuhelinpakkaukset, joiden volyymit ovat suuret menetelmän kannattavuuden ja painatuslaatuvaatimusten osalta.

Eniten käytetty menetelmä aaltopahvin jatkojalostuksessa on jälki- eli post-print-painatus, jossa valmis aaltopahviarkki painetaan tarkoitukseen sopivalla fleksopainokoneella. Menetelmä on joustava niin painettavan arkkikoon kuin värillisyyden osalta, työnvaihdot ovat nopeita siirryttäessä työstä toiseen ja painojälki on hyvälaatuista. Myös post-print-painatuksen jälkeen aaltopahviarkit stanssataan joko erikseen tai painokoneeseen liitetyllä taso- tai rotaatiostanssilla painamisen yhteydessä.

Aaltopahvin käyttö ja kierrätys

Aaltopahvi on maailman laajimmin käytetty pakkausmateriaali. Sen kulutus lisääntyy vuosittain tasaisesti. Erityisesti Aasia ja Venäjä ovat suurimpia kasvualueita aaltopahvin kulutukselle. Aaltopahvin kierrätyskin on tasaisessa kasvussa. Talteen kerätyistä aaltopahvista ja kartongista valmistetaan muun muassa kiertokuituflutingia ja muita kiertokuitukartonkeja. Kierrätyskelvoton materiaali muutetaan lämpö- ja sähköenergiaksi. Aaltopahvin valmistuksessa on kierrätysaste erittäin suuri.

Aaltopahvin valmistusprosessissakin on kierrätys erittäin suuressa roolissa.

Stanssauksen leikkuujätteet ja jalostuskelvoton aaltopahvi kierrätetään uusiomassaksi. Kierrätyskelvoton materiaali muutetaan energiaksi. StoraEnso kierrättää valmistuksensa ja jalostuksessaan muodostuvat jätteet yli 95-prosenttisesti.

4 Aaltopahvin post-print-fleksopainatuksen laatuun vaikuttavat tekijät

Insinööryöni tavoitteena oli tehdä selvitys aaltopahvin post-print-painatuksen laatuun ohutlaattatekniikalla, erityisesti värien kohdistuvuuteen vaikuttavien tekijöiden kartoittamiseksi, sekä löytää mahdollisia parannus- tai korjaustoimenpiteitä jatkuvasti kasvaaviin laatuvaatimuksiin painojäljen osalta. Työkokemukseni painamisen alalta helpotti selvitystyötäni suuresti. Olen ammatiltani sekä syväpainaja että fleksopainaja, joten työmenetelmät olivat jo entuudestaan minulle tuttuja painoalustaa lukuun ottamatta. Ennen työn aloittamista oli jo selvää, että työni ei tuota valmista konseptia laadun parantamiseen, ainoastaan kehitys- ja parannusehdotuksia, jotka vaativat vielä lisäselvitysten tekoa. Osa selvitystyöni tuloksista on yrityksen sisäisiä asioita, joten niitä ei voi julkaista sellaisenaan.

Tässä luvussa esitän selvitystyöni tuloksia ja havaintoja tuotantoketjun kronologisessa järjestyksessä. Käsittelen tuotantoketjussa käytössä olevia menetelmiä ja laitteita sekä vertailen konventionaalista ja digitaalista painolaatan valmistusta.

4.1 Painon esivalmistelu

Painamista edeltäviä työvaiheita kutsutaan esivalmisteluksi. Stora Ensossa työt suoritetaan erillisellä esivalmisteluosastolla, joka sijaitsee Lahdessa Hennalan tehtaalla ja työllistää 15 henkilöä. Työvaiheita ovat aineistonkäsittely eli repro, filmitulostus, painolaatan valotus, kehitys, kuivaus ja karkaisu ja lopuksi painolaatan asemointi eli kiinnittäminen asemointikalvolle painokoneeseen asentamista varten. Jokaisen työvaiheen jälkeen suoritetaan asianmukaiset laadunvarmistustoimet, joilla pyritään pitämään työn laatu mahdollisimman korkeatasoisena painamista silmälläpitäen. Laadunvarmistuksen tärkeimpänä tehtävänä on valmistusprosessissa havaittujen laatupoikkeamien korjaaminen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta välttyttäisiin asiakasreklamaatioilta ja uusintapainatuksilta.

4.2 Repro

Aineistokäsittely eli repro muodostaa painoaiheet digitaalisesta aineistosta, joka sisältää asiakkaan kuva- ja tekstimateriaalia filmille tulostettavaan muotoon. Tietokoneilla suoritettavat työvaiheet sisältävät graafista suunnittelutyötä ja aineiston taittamista asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Aineistokäsittelyä tehdään sekä Macintosh- että PC-laitteistoilla, materiaalitiedostojen tallennusmuodon mukaisesti. Repron tulee osaltaan pyrkiä parantamaan laatua omalla alueellaan, ottaen huomioon painotekniset mahdollisuudet ja rajoitteet. On harvinaista, että tässä vaiheessa tapahtuisi virhettä värien kohdistuvuuden osalta, koska ohjelmistot, joilla työ suoritetaan, valvovat jo itsessään värierottelun tuloksena saatavien osavärien yhteensopivuutta ja kohdistuvuutta keskenään. Värihallinta kuuluu myös tähän työvaiheeseen. Koska värihallintaan liittyvä projekti oli yrityksessä jo käynnissä, en tietoisesti ota työssäni siihen kantaa.

4.3 Raster Image Processor

Reprovaiheen jälkeen painoaineisto siirretään RIP:n kautta filmitulostimelle, jossa painolaatan valotukseen käytettävät osavärifilmit valmistetaan ja kehitetään. RIP tulee sanoista Raster Image Processor. Se on painotöiden tuotannossa tulostimeen liitetty oma suoritin, joka muodostaa tulostettavasta tiedostosta rasteroidun kuvan.

RIP:ssä kuva- ja tekstimateriaalille suoritetaan useita toimenpiteitä, tärkeimpänä mainittakoon värierottelu. Värierottelussa materiaalin värillisuus pilkotaan yleisesti neljäksi CMYK-osaväriksi, sininen (Cyan), punainen (Magenta), keltainen (Yellow) ja musta (Key). Fleksopainossa käytetään edellisten lisäksi myös spotti- eli kohdevärejä, jotka ovat valmiiksi sekoitettuja painovärejä. Tämän vuoksi osavärejä voi olla 1 – 6 painotyöstä riippuen. Spottiväreinä käytetään yleisesti PMS- (Pantone Matching System) värejä, joka on standardiksi muodostunut painoteollisuuden värijärjestelmä.

Toinen tärkeä toimenpide on painoaiheen kokonaisvenymän matemaattinen korjaaminen ennen filmien tulostamista. Koska kyseessä on fleksopainamiseen soveltuva fotopolymeeristä valmistettu laattamateriaali, jonka paksuudet vaihtelevat välillä 0,75 – 6,00 millimetriä käyttötarkoituksen mukaan, joudutaan laatan pinnan venymästä aiheutuvaa kohdistus- ja mittavirhettä korjaamaan matemaattisella korjauskertoimella. Toisin sanoen filmille tulostettava painoaihe kutistetaan pituussuunnassa (ajosuunnassa) asetetun korjauskertoimen verran alkuperäisistä mitoistaan. Syy korjauksen tarpeellisuuteen johtuu painolaatan runkokerroksen paksuuden aiheuttamasta painopinnan pituussuuntaisesta venymästä, kun painolaatta asennetaan painokoneen laattasynterillä ympärille. Paksumpi laatta muodostaa suuremman kehän ympärysmittana kuin ohut laatta. Painolaatat valotetaan tasossa, joten runkokerroksen paksuus on ratkaisevassa roolissa syntyvään pinnan venymän suuruuteen. Käytetyt korjauskertoimet ovat 5 mm paksulle painolaatalle 2,3 %, ja vastaava korjauskerroin 2,84 mm paksulle laatalle on 1,2 %. Liitteessä 1 on selvitetty painoaiheiden kokonaisvenymää. Tutkimuksen perusteella selvisi, ettei keskenään erikokoisten painoaiheiden venymä ole lineaarinen ajosuunnassa, vaan kuva-aineistoa tulee käsitellä ennen filmien tulostamista, jotta venymän aiheuttamilta kuva-aiheen vääristymiltä vältyttäisiin. Tutkimuksen tulosten mukaisesti reprovaiheen työskentelytapoja muutettiin ja ohjeistettiin uudelleen. Muutosten jälkeen ilmeni, että reprovaiheen manuaalisesti suoritettavaan kuvankäsittelytyöhön kuluu huomattavasti enemmän aikaa kuin aikaisemmin.

4.4 Filmit

Koska painolaatat valmistetaan konventionaalisella valmistusmenetelmällä, on seuraavana työvaiheena laattojen valotukseen käytettävien filmien tulostaminen. Digitaalisella painolaatan valmistusmenetelmällä tätä työvaihetta ei tarvita, koska painolaatta valotetaan rummulla suoraan digitaalisesta aineistosta tarkoituksenmukaisella CTP-laitteistolla.

Toisinaan painettavat formaatit ovat niin suuria, että filmit joudutaan tulostamaan monessa osassa ja liittämään toisiinsa käsin asemoiden. Tämä työvaihe on erittäin suurta tarkkuutta ja huolellisuutta vaativa, ja siinä osaväriin kohdistuvuuteen syntyy helposti

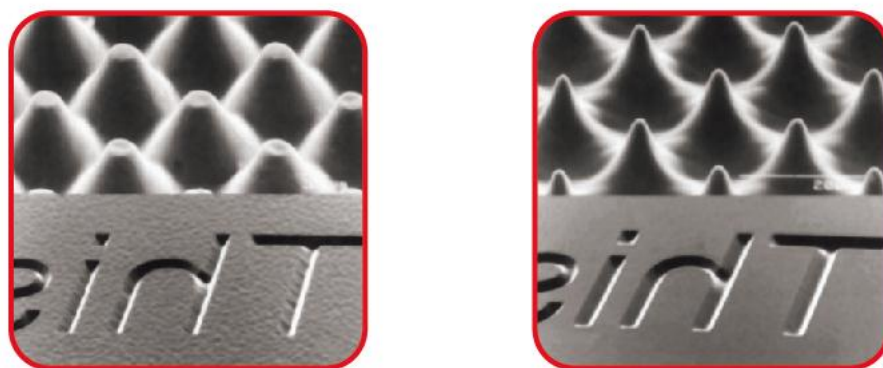
virhettä. Riski kuitenkin tiedostetaan, ja asemointityö suoritetaan erittäin huolellisesti, jotta virheiltä välttyttäisiin.

4.5 Painolaatta

Fleksopainolaatta valmistetaan fotopolymeerilevystä, joka valotuksessa reagoi ultraviolettisäteilyyn. Valottunut polymeeri kovettuu, kun taas valottoman osa säilyy pehmeänä ja poistuu laatalta kehitysvaiheessa jättäen jäljelle painoreliefin eli painavan pinnan.

Konventionaalisessa valmistusmenetelmässä laatta valotetaan tasossa ultraviolettivalolla käyttäen filmiä niin sanottuna maskina, joka päästää valoa lävitseen ainoastaan toivotuille alueille joista muodostuu painoväriä siirtävä painopinta. Valottamattomat alueet eivät polymerisoidu prosessin aikana, joten ne ovat poistettavissa laatan pinnalta kehitysvaiheessa.

Digitaalisessa valmistusmenetelmässä ei filmiä tarvita valotuksessa, joten hajavalon ja pöly eivät ole aiheuttamassa virheen mahdollisuutta. Kuvassa 10 on kuvattu hajavalon aiheuttamaa painoreliefin kasvua verrattuna laserilla valotettuun. Fotopolymeerilaattojen säilytyksestä on valmistaja antanut ohjeet, joiden mukaan säilytyslämpötilan tulisi olla 15 - 20 astetta ja ilman suhteellisen kosteuden RH 55 %.



Kuva 10. Konventionaalinen painolaatan valotus (vasemmalla) verrattuna digitaaliseen valotukseen (oikealla) (7).

Painolaatan valotus

Painolaatta valotetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäinen vaihe on taustavalotus, jossa laatan takapuolelle kohdistetaan tasainen uv-valo tarkoin ennalta määrätyn ajan painolaatan paksuuden mukaan. Tällä toimenpiteellä saadaan painolaatan runko-osaan syntymään kerros, jonka paksuudella säädellään painoreliefin korkeutta ja jäykkyyttä ja saadaan aikaan yhdistävä kerros reliefien väliin varmistamaan painopintojen kiinnitysminen laatussa.

Toinen vaihe on päävalotus, jonka aikana varsinainen painava pinta muodostuu. Fotopolymeerilaatan päälle maskiksi asetetun filmin läpi kohdistettava uv-valo valottaa laatan pintaa ainoastaan toivotuilta alueilta. Myös tällä vaiheella on tarkoin ennalta määrätty valotusaika. Valotusajat perustuvat tutkittuun ja kokempohjaiseen tietoon halutun painoreliefin korkeuden, runkokerroksen paksuuden ja valotusputkien käyttöiän mukaan. Taustavalotusputkien vaihtoväli on suosituksen mukaan 600 - 700 tuntia. Päävalotusputkille vastaava vaihtoväli on 400 – 500 tuntia. Näitä ohjearvoja seurataan ja noudatetaan tarkoin.

Painolaatan kehitys

Painolaatan kehitys tai kansankielellä pesu tehdään valotuksen jälkeen erillisellä kehityskoneella. Painolaatan kehitykseen on käytössä useita eri tekniikoita, kuitenkin perustoimintaperiaate kaikilla on samanlainen eli polymerisoimattoman laattamateriaalin poistaminen. Kehitysvaiheessa laatalta poistetaan valottumaton osa polymeeristä, jolloin jäljelle jäävät ainoastaan toivotut painavat pinnat ja taustavalotuksessa muodostunut pohjakerros. Kehitys tehdään tarkoituksenmukaisella pesuliuksella ja koneellisilla harjoilla, jotka tasaisella pyörivällä liikkeellä poistavat ylimääräisen polymeerin laatan pinnalta sen edetessä tasaisesti laitteen päästä toiseen.

Painolaatan kuivaus

Painolaatta kuivataan kehityksen jälkeen noin 60-asteisella ilmalla. Kuivauksen aikana painoreliefi kiinteytyy ja painolaattaa kehityksen aikana imeytynyt pesuliuos haihtuu. Kuivaus kestää useita tunteja laatan paksuudesta riippuen. Myös laatan kuivauslämpötila ja käytettävä kuivausaika on tarkkaan tutkittua ja kokemuspohjaista tietotaitoa.

Painolaatan karkaisu

Painolaatta jälkivalotetaan eli karkaistaan kuivauksen jälkeen, jolloin laatan värinsiirto-ominaisuudet muodostuvat ja heikosti polymerisoituneet kohdat laatasta kovettuvat. Karkaisuun käytetään erillistä jälkivalotuslaitetta, jonka UV-C-putket kovettavat polymerin pintaa. Valotuksen kesto on tarkoin ennalta määrätty, jotta värinsiirto-ominaisuuksista saadaan halutunlaiset. Myös jälkivalotusputkille on asetettu vaihtoväli, joka on 800 – 1000 tuntia. Jälkivalotuslaitteen lämpötilan tulisi olla 40 astetta, jotta valotusteho pysyisi maksimaalisena. Jos karkaisulaitteen lämpötila on yli tai alle suositellun, heikkenevät valotusteho ja valotusputkien kestoikä merkittävästi.

Valmistusprosessin tuloksia seurataan mittaamalla valmiin painolaatan reliefin korkeutta ja runko-osan paksuutta. Silmämääräinen arviointi suoritetaan tarkastelemalla painoreliefin reunoja ja painolaatan pohjakerroksen ulkonäköä. Laatan värinsiirto-ominaisuuksia tarkastellaan kokemuspohjaisesti kädellä tunnustelemalla laatan pinnan tahmeutta. Mittaus- ja silmämääräisten tarkastelutulosten poikkeaminen ennalta määrättyistä ohjearvoista korjataan muuttamalla valotus-, kehitys-, kuivaus- tai karkaisuaikaa tarpeen mukaan. Myös kehiteliuoksen kuntoa ja ainepitoisuuksia seurataan ja korjataan säännöllisesti.

Painolaatan asemointi

Valmis painolaatta valmistellaan painokoneeseen asentamista varten kiinnittämällä se polyesterikalvolle tarkoituksenmukaisella, kaksipuolisella laattateipillä.

Työvaihe on suurta tarkkuutta ja huolellisuutta vaativa: pienikin virhe osavärien asemoinnissa näkyy painojäljessä kohdistusvirheenä. Post-print-fleksopainokoneeseen asennettava laattakalvo voi olla jopa 2 000 mm leveä, mikä lisää asemointityön haasteellisuutta suuren formaatin takia.

Yleisin virheen aiheuttaja painojäljessä on kuitenkin laattateipin alle jäävät ilmakuplat. Asemoitaessa painolaattaa polyesterikalvolle jää laattateipin alle pieniä ilmataskuja. Ilmataskut poistetaan asemoitaessa niin tarkasti, kuin se on silmämääräisesti mahdollista. Painonipissä pienet ilmakuplat puristuvat liikkeelle painavien pintojen kohdilta ja kerääntyvät suuremmiksi ilmataskuiksi painamattomille alueille painolaatan alla, mikä aiheuttaa likaamista painoalustaan. Laattateipit ovatkin tästä syystä jatkuvan seurannan ja testauksen kohteina. Tavoitteena on löytää paras mahdollinen yhdistelmä ominaisuuksia, jotka mahdollistaisivat ilmataskuttoman painolaatan asennuksen ja riittävän pitävän kiinnityksen painokoneen ja painoprosessin rasituksille.

StoraEnso Packagingin käytössä on useita eri-ikäisiä ja -mallisia post-print-fleksopainokoneita. Tämän vuoksi myös laattakalvojen kiinnitysmekanismiä on useita painokoneen iästä, mallista ja valmistajasta riippuen. Tästä syystä polyesterikalvot ovat konekohtaisia niin mitoitukseltaan kuin kiinnitysmekanismiltaan. Vanhempiin painokonemalleihin painolaattojen asennuskalvot kyetään leikkaamaan ja asentamaan kiinnityslangat itse, uusimpiin painokoneisiin laattakalvot teetetään alihankintana. Virheiden välttämiseksi kalvot joudutaan tarkistamaan mitoituksen ja kiinnityslangojen pitävyyden ja suoruuden varmistamiseksi, mikä aiheuttaa ylimääräisen työvaiheen asemoinnin yhteydessä.

Painolaatat asemoidaan laattakalvolle mittapöydällä käsityönä tai tarkoitukseen suunnitellulla asemointikoneella. Asemointikonevalmistajien tarjonta on erittäin monipuolista, mutta nykyiset laitteistot eivät sovellu sellaisenaan yhtiön käytössä olevan painokonekannan vaatimukseen suuren formaattikirjon ja laattakalvojen erilaisten kiinnitysten takia. Huomioitavaa on, että käsityöllä saadaan riittävä tarkkuus asemointiin, ja siksi asemointikoneen käyttö ei ole välttämätöntä työn lopputuloksen kannalta.

4.6 Painokoneet

Aaltopahvin post-print-fleksopainokoneet ovat käyttötarkoitukseen suunniteltuja arkisyöttöisiä ”alta” painavia painokoneita. Rakenteeltaan ja toimintaperiaatteeltaan ne poikkeavat perinteisistä fleksopainokoneista, jotka yleensä ovat ”päältä” painavia rai-napainokoneita. Painoalustana käytetty aaltopahviarkki asettaa painokoneelle lisävaatimuksia jäykkyyden, paksuuden, pinnan epätasaisuuden ja huokoisuuden takia. Välikuivaimettomassa post-print-fleksopainokoneessa käytetyt vesiohenteiset painovärit poikkeavat yleisesti väli- ja jälkikuivaimilla varustetuissa painokoneissa käytetyistä liuotinpohjaisista painoväreistä pitkän kuivumisajan osalta.

Painoväriin ohenteena toimiva vesi imeytyy painoalustaan painoprosessin aikana, ja väri kuivuu vasta painamisen jälkeen kosteuden haihduttua aaltopahvista.

Insinööriyöni pääasiallinen tavoite selvityksen osalta oli keskittyä high quality-painamisen laadun kehittämiseen ja mahdollisten ongelmien tunnistamiseen värien kohdistuvuuden osalta. Referenssinä seurasin myös perinteisen post-print-fleksopainatuksen laatua ja työnkulkua helpottamaan eroavaisuuksien ja mahdollisten ongelmanaiheuttajien tunnistusta.

High quality post-print-fleksopainokone

Kun perinteistä post-print-fleksopainokonetta verrataan high quality (myöhemmin HQ) -painokoneeseen, ei eroavaisuuksia niiden toimintaperiaatteissa ole. Perinteisissä post-print-painokoneissa on yleensä integroituna jälkikäsitteilytoimintoja, esimerkiksi tasotai rotaatiostanssi, joten ne ovat inlinetyyppisiä. Stora-Enso Packaging HQ-painokoneet ovat erillisiä painokoneita, ja jälkikäsitteily suoritetaan omana työvaiheenaan itse painamisen jälkeen. Syynä tähän on integroitavien inline-stanssien korkea hankintahinta ja se, että yhtiöllä on offline-stanssilinjoja käytettävissään riittävä määrä palvelemaan HQ-koneiden kapasiteettia. Tämän järjestelyn ansiosta voidaan harvalukuista HQ-konekantaan kuormittaa useilla töillä ja tiukoilla aikatauluilla suuren painatuskapasiteetin ansiosta, ja jälkikäsitteilykuorma voidaan vastaavasti jakaa useille offlinestanssilinjoille.

HQ-koneet ovat edistyneitä PC-ohjattuja uuden sukupolven fleksopainokoneita, joihin luonnollisesti on lisätty useita valvonta- ja hienosäätöominaisuuksia tietotekniikan ja automaation avustuksella. Painotekniset eroavaisuudet perinteisessä ja HQ-fleksopainokoneessa keskittyvät väri- ja painolaitteeseen. Rakenteeltaan värilaitteet ovat samankaltaiset: HQ:ssa käytettävien aniloxtelojen linjatiheys on 160 - 220 linjaa/cm, perinteisessä käytettävät 80 - 120 linjaa/cm. Kun linjatiheys on suurempi, ovat värinanto ja värimäärä tarkemmin hallittavissa. Käytettävät painolaatat eroavat toisistaan paksuuden osalta perinteisessä post-print-fleksossa käytetyistä 4,7 - 6,0 mm:stä HQ:n 1,7 - 2,84 mm:n ohutlaattatekniikkaan.

Ohuemmat painolaatat mahdollistavat tarkemman rasteroidun kuva-aiheen muodostamisen ja terävemmän painojäljen aikaansaamisen. Myös pienet sävyjen vivahte-erot piirtyvät ohutlaattatekniikalla selvemmin. HQ-fleksossa käytetään painoväreinä sävykuvien toistamiseen niin sanottua nelivärisarjaa (CMYK), joka parantaa sävyntoistoa ja mahdollistaa laajan väriavaruuden.

4.7 Joustoalusta

Ohuemman painolaatan käyttö muodostaa myös ongelman painettaessa aaltopahville. Laatan ohut runkokerros ei ole riittävän joustava myötäilemään aaltopahvin pinnan epätasaisuutta, mikä aiheuttaa pyykkilauta- eli washboard-ilmiön painoalustalle. Kun ilmiötä tarkastellaan, on lainerilla havaittavissa selviä raitoja aallotuskartongin aallonharjojen kohdilla. Tätä ilmiötä vähentämään asennetaan painokoneeseen laattasynterin ja laattakalvon väliin joustoalusta eli pakkaus (packing) lisäämään painopinnan myötäilevyyttä painoalustan epätasaisuuksiin. Joustoalustana käytetään tarkoituksenmukaista polyuretaanilevyä, jonka paksuus on 2,03 mm. Paksuus määräytyy painokoneen laattasynterin ja puristussynterin välisestä kalibroitivälyksestä, joka on ennalta tarkoin määrätty. Välykset muodostuu paksuimman käytettävän painolaatan, laattateipin ja asennuskalvon yhteenlasketusta paksuudesta, ja tuloksesta vähennetään painonipin syntymiseen tarvittava puristuma. Paksuilla painolaatoilla ei edellä mainittua joustoalustalla pakkausta käytetä.

Selvitystyöni yhteydessä ilmeni, että joustoalustamateriaaleja valmistetaan umpisoluisena ja avosoluisena. Markkinoilta löytyy myös laattakalvon ja itse painolaatan väliin asennettavaa joustoalustaa. Vaikka käytössä olevan avosoluisen joustomateriaalin ominaisuudet ovat toivotunlaiset, olisi suositeltavaa tutkia myös umpisoluisen materiaalin käyttömahdollisuudet. Avosoluisen joustomateriaalin tiedetään imevän itseensä painoväriä ja vettä, joka laattasynterin ja laattakalvon väliin joutuessaan aiheuttaa läikekuviota (flickering) painojälkeen. Joustoalustaan imeytynyt painoväri aiheuttaa myös jousto-ominaisuuksien heikentymistä ja materiaalin kovettumista, mikä lyhentää sen käyttöikää merkittävästi. Insinöörityöni luonteen ja tavoitteen takia jätettiin joustoalustojen vertailu ja testaaminen erikseen perustettavan tutkimusprojektin tehtäväksi.

4.8 Toiminnanohjausjärjestelmä

Toiminnanohjausjärjestelmä on keskeisessä asemassa tuotannon kaikissa työvaiheissa, niin aaltopahvin valmistuksen ja painon esivalmistelun kuin painamisen, jälkijalostuksen ja toimitusten aikatauluttajana. Huomioitavaa on, että painaminen on keskeisin aikatauluihin vaikuttava tekijä aaltopahvin jalostuksessa. Yrityksen kaikki valmistus on imuohjautuvaa, toisin sanoen kaikki valmistettavat tuotteen ovat asiakkaiden tilaamia. Varastoon valmistaminen ei ole perusteltua aaltopahvin vaatiman suuren varastotilan vuoksi ja koska tuotteet ovat herkkiä kosteusvaihtelun aiheuttamille ei-toivottuille muutoksille.

Painotyöt järjestelee toiminnanohjausjärjestelmään tuotannosuunnittelu esivalmistelu, paino-, jatkojalostus- ja toimitusaikataulun mukaisesti. Painotöiden samankaltaisuus värien ja painokoneessa käytetyllä värijärjestyksellä on osansa kuormituksen suunnittelussa. Tuotanto pyritään järjestelemään niin, että työnvaihtoon kuluva aika saadaan minimoitua. Työnvaihtoaika on suuri tekijä tuotantotehokkuuden alentajana, siksi työvaiheeseen kuluva aikaa pyritään kaikilla mahdollisilla tavoilla minimoimaan. Suuren varastointitilarpeen takia ovat myös painosmäärät suhteellisen pieniä ja työnvaihtoja on usein; keskimääräinen painos vaihtelee 200:sta 1500 arkkiin.

4.9 Painaminen

Ennen kuin itse painamistyö voidaan aloittaa, aloitetaan työ toiminnanohjausjärjestelmästä. Työn aloittaminen käynnistää sarjan automatisoituja toimintoja ja antaa konehenkilöstölle tarpeellista tietoa tulevasta työstä.

Toiminnanohjausjärjestelmä tilaa oikeankokoiset aaltopahviarkit automaattisesti kulloinkin kyseessä olevalle painokoneelle. Automaattinen varastojärjestelmä toimittaa painokoneelle painatuserään tarvittavan määrän painoarkkeja, mukaan lukien vedostukseen ja painatushäiriöihin tarvittavat yliarkit.

Kuntoonlaiton eli työnvaihdon yhteydessä painokoneeseen asennetaan painolaatat ja oikean linjatiheyden omaavat aniloxtelat. Painotyökohtaiset esiasetukset asetetaan ohjauspöydästä painokonetta ohjaavan tietokoneen muistista. Esiasetuksia ovat muun muassa painettavan arkin dimensiot, käyttöön otettavien painoyksiköiden lukumäärä, painolaatan paksuus, osavärien kohdistusmerkkien sijainti ja painatuseräkohtainen tiedonkeruun alustus. Nämä asetukset ovat myös automatisoituja toimintoja.

Värikeitto

Painoväriä sekoitetaan värikeitissä painatuserään tarvittava määrä.

Neliväripainatuksessa käytetään niin sanottuja prosessivärejä syaani, magenta, keltainen (yellow) ja musta (key) eli CMYK. Prosessivärit toimitetaan valmiina asiakkaan tarpeisiin sopivissa astioissa. Yleisin pakkauskooko on metalli- tai muoviastia, jonka tilavuus on 20 litraa. Näitä värejä ei siis sekoiteta värikeitissä.

Spotti- tai kansankielellä tehosteväreinä käytettävät PMS-sävyt sen sijaan valmistetaan värikeitiötä apuna käyttäen. Värikeitin käyttämät väripastat toimitetaan suuremmissa varastoastioissa, joiden koko vaihtelee 50:stä jopa 1 000 litraan sekoiteväriin tarvittavan pastan kulutuksen mukaan. Värikeitin käyttö mahdollistaa värien tasalaatuisuuden sävyn ja viskositeetin osalta, ja näin sävyeroja ei synny painatuserien välille. Spottivärit sekoitetaan värikeitissä laitteistoon tallennetun värireseptin mukaan. Myös painatusmateriaali- ja asiakaskohtaisten värireseptien tekeminen ja hallinnointi on laitteiston avulla mahdollista. Nykyisten vaatimusten ja värinhallinnan seurauksena on värikeitto lähes välttämätön, värien hienosäädön ja ylijäämävärien uudelleensävytyksen ja näin pienemmän ylijäämävärin varastoinnin mahdollistava laitteisto. Myös värikustannuksissa saadaan säästöä jätevärien hävitystarpeen poistuessa ja väripasta-astioiden suuremman tilavuuden ja toimituserän kasvaneen koon ansiosta.

Vaahoamisenestoainetta lisätään painoväriin tarvittava määrä värinvalmistajan ohjeiden mukaisesti. Painovärejä kierrätetään painoyksiköissä ennen painamisen aloittamista viskositeetin tasoittumisen ja värikomponenttien ja lisäaineiden sekoittumisen varmistamiseksi. Työnvaihtoon kuluva aika vaihtelee kymmenestä minuutista noin yhteen tuntiin tarvittavien muutostoimenpiteiden mukaan. Ajojärjestelyillä pyritään minimoii-

maan työnvaihtoihin kuluvaan aikaa, esimerkiksi värien osalta samankaltaisten painotöiden peräkkäisillä ajoilla.

Painoalusta

Painamisen aikana havaittuja laatuun ja kohdistuvuuteen vaikuttavia tekijöitä on useita. Merkittävin ongelman aiheuttaja on painoalusta eli aaltopahviarkit.

Aaltopahvin suhteellinen kosteus muuttuu välivarastoinnin aikana, mikä aiheuttaa aaltopahviarkkien käyristymistä. Aaltopahviarkit ovat valmistuksen jälkeen erittäin kuivia, suhteellinen kosteus on välillä 6 - 11 %. Painokoneelle saapuvien arkkipinon välivarastointiajoissa on vaihtelua, ja siksi arkkipinon ulkoreunojen kosteus saattaa olla korkeampi kuin pinon sisällä. Käyristyminen on suurempaa aallotuksen suunnassa, koska liimatut aallonharjat jäykistävät arkkiä poikkisuunnassa. Monikerroksisissa aaltopahveissa käyristyminen on vähäisempää kuin yksikerroksisissa flutingkartonkien välissä arkin rakennetta jäykistävän lainerin ansiosta.

Käyristynyt aaltopahviarkki aiheuttaa tukoksia ja syöttöhäiriöitä painokoneen arkinsyöttölaitteessa, ja seurauksena on tuotantokatkoksia ja näinollen myös alentunutta tuotantonopeutta. Käyrät arkit aiheuttavat painokoneella näinollen myös ylimääräistä valvontatyötä, jotta katkoksilta ja syöttövirheilä välttyttäisiin.

Ongelman poistaminen on nykyisellään mahdotonta, koska se vaatisi välivarastoinnin poisjäämisen ja täysin imuohjautuvan tuotantoprosessin aaltopahvikoneen ja painon välillä.

Tuotantokatkoksen aikana painokone pysähtyy, mikä aiheuttaa painoväriin kuivumista painolaatan pinnalle. Painopinnalle kuivunut väri aiheuttaa likaamista painojälkeen tuotannon uudelleenkäynnistyksen alussa, mikä lisää makulatuurin määrää. Pahimmillaan tuotantokatkoksen aikana painolaatalle kuivunut väri vaatii painopintojen pesemisen ennen uudelleenkäynnistystä.

Painokoneen vastaanottolaitteistossa käyrät aaltopahviarkit aiheuttavat myös häiriöitä ja tukoksia, ja kasvattavat makulatuurin eli hukan määrää. Makulatuurin määrä post-

print-fleksopainossa ei ole verrannollinen esimerkiksi lehtipainoihin. Painokoneiden suuren formaatin takia painetulla aaltopahviarkilla saattaa olla kymmeniä painoaiheita. Toisin sanoen jokainen makulatuuriarkki vastaa jopa kahtakymmentä pilaantunutta lopputuotetta. Kun painosmäärät ovat pieniä, on makulatuurin määrä ratkaisevaa kilpailukyvyyn ja kannattavuuden kannalta.

Ajosuunnat

Toinen suuri aaltopahvin aiheuttama ongelmatekijä on painaminen niin sanotusti arkin ”pehmeä reuna edellä”. Normaali ajotapa aaltopahville on aallon harjan suuntainen kulku painokoneen läpi. Pehmeä reuna edellä ajettaessa aallotus on poikittain kulkuun nähden, ja näin arkin etureuna on huomattavasti pehmeämpi kuin normaalissa ajosuunnassa. Tämä ajotapa on tarpeen asiakkaan aaltopahvituotteelta vaatimien lujuusominaisuuksien ja pakkauksen muodon ja dimensioiden vuoksi. Esimerkkinä voidaan mainita pitkät ja kapeat aaltopahvipakkaukset, joita ei painoteknisistä syistä voida painaa pituussuunnassa. Pehmeä reuna edellä syötetty aaltopahviarkki ei itsessään aiheuta virhettä painojälkeen. Käyrästynyt aaltopahviarkki pehmeä reuna edellä syötettynä siirtyy ensimmäiseen painonippiin usein väärässä asennossa, ja kulkeutuu koko painoprosessin läpi vinossa. Häiriön mahdollisuus on suuri, jos arkki muuttaa asentoaan painoprosessin aikana. Värien kohdistuvuuteen ei vinolla arkilla ole haitallista vaikutusta, mutta esimerkiksi stanssaukseen vinoon painettu arkki ei ole kelvollinen. Stanssauksessa arkkia on mahdoton erottaa automaattisesti tai silmämääräisesti suuren tuotantonopeuden takia, ja näin virheellinen tuote usein päätyy asiakkaalle ja aiheuttaa reklamaation.

Epäpuhtaudet

Painoalustasta irtoavat kuidut ja ilmassa leijuvat epäpuhtaudet yhdessä painoväriin kanssa aiheuttavat virhettä painojälkeen. Likaaminen ja ”roskat” painojäljessä aiheuttavat suurimman osan tuotantokatkoksista. Painolaattoja joudutaan pesemään useasti epäpuhtauksien poistamiseksi painopinnoilta. Pesujen yhteydessä ohutlaattatekniikan kanssa käytettävät joustoalustat joutuvat veden ja painoväriin kanssa kosketuksiin, mikä lyhentää niiden käyttöikää ja aiheuttaa häiriötä painojäljessä. Tästä syystä painokoneen pölynpoistolaitteiston suodattimien puhtaus ja säännöllinen huolto on välttämä-

töntä parhaan mahdollisen pölynpoiston kannalta. Värilaitteiden painoväriä siirtävien pumppujen värinsuodattimien tulee olla puhtaat, jotta väriä siirtyy tarvittava määrä aniloxtelalle. Suodattimien pitää olla riittävän tiheät väriin kuulumattomien epäpuhtauksien poistoon. Painokoneella käytettävät väriastiat tulisi myös vaihtaa uusiin riittävän usein, jotta astian pohjalle varastoinnin aikana sakkautuneet painoväriin sekoittuneet epäpuhtaudet eivät tukkisi värinsuodattimia.

5 Pohdinta

Selvitystyöni aikana tekemiäni havaintojen perusteella päädyin ehdottamaan, että Stora-Enso Packaging Oy tutkisi mahdollisuutta siirtyä digitaaliseen fleksopainolaatan valmistukseen varsinkin ohuiden painolaattojen osalta. Mielestäni konventionaalinen fleksopainolaatan valmistus ei sovellu ohutlaattatekniikalla toteutetuille painotöille nykyisten korkeiden laatuvaatimusten ja painolaatan valmistusprosessin vaikean hallittavuuden valossa. Digitaaliseen laatanvalmistukseen siirtyminen olisi mielestäni perusteltua seuraavien seikkojen vuoksi:

Tasossa valotetulle painolaatalle painokoneessa syntyvän venymän korjaaminen matemaattisesti on lähes mahdotonta, kun tavoitteena on suuri kohdistustarkkuus ja korkea ja terävä painojäljen laatu. Mittausteni ja koepainatusten perusteella ei polymeerilaatan pinnan venymää pystytä varmuudella ennakoimaan erikokoisilla ja erimuotoisilla painoaiheilla. Koelaattamittauksissa ilmeni myös painolaattamateriaalin valmistuserien välillä vaihtelua kokonaisvenymän syntymisessä. Yrityksen toivomuksesta en julkaise painolaattojen kokonaisvenymään liittyvää tutkimusaineistoa insinööriytyössäni kokonaisuudessaan.

Kokonaisvenymätutkimuksen referenssiksi sain teettää käyttööni useita sarjoja painolaattoja, jotka valmistettiin digitaalisella valmistusmenetelmällä laserilla rummulla valottaen, ja vastaavasti identtiset sarjat painolaattoja, jotka valmistettiin konventionaalisella valmistusmenetelmällä.

Mittaustulosten perusteella muutin RIP:n venymän korjauskerrointa vastaamaan paremmin mittamuutosta ja laadin ohjeistuksen kuva-aiheiden käsittelylle ennen filmitulostusta. Muutosten tuloksena sain värien kohdistuvuutta paremmaksi, kuitenkin saavuttamatta merkittävää parannusta painojälkeen. Muutosten vuoksi manuaaliseen kuvankäsittelytyöhön kuluva aika kasvoi niin suureksi, että sen vaikutus painotuotteiden hinnoitteluun oli ilmeinen. Tämän vuoksi mielestäni painolaatat tulisi valottaa valotusrummulla, jolloin venymän aiheuttama mittamuutos ei olisi enää vaikuttamassa kohdistuvuuteen. Myös lisääntynyt työmäärä reprovaiheessa on omiaan puoltamaan siirtymistä CTP-tekniikkaan. Samalla filmien tulostamisesta syntyvä lisäkustannus ja ympäristöä rasittava kuorma jätefilmien ja filmikehitejätteen muodossa poistuisi laatanvalmistusprosessista. Myös filmivalotuksessa hajavalon ja pölyn aiheuttamat virheet poistuisivat.

Pohdittaessa digitaaliseen painolaatan valmistukseen siirtymisestä tulee laitteiden erittäin korkea hankintahinta ottaa huomioon. Selvitystyössä onkin suositeltavaa ottaa myös huomioon alihankintana valmistettujen laattojen kustannukset, koska ei ole välttämätöntä kokonaan luopua konventionaalista laatanvalmistuksesta. Perinteiselle paksummalle fotopolymeerilaatalle konventionaalisen valmistusmenetelmän käyttäminen on mielestäni edelleen perusteltua, koska venymän korjaaminen on mahdollista yhtenäisten ja selkeiden painopintojen ansiosta. Paksummilla painolaatoilla toteutetut painotyöt ovat myös usein yksinkertaisia painatusaiheiltaan, kuten esimerkiksi tukkupakkauksia ja kuljetuspakkauksia.

Osavärien lihotuksilla ja sopivalla värijärjestyksellä painamisen yhteydessä voidaan myös osittain vähentää venymän aiheuttamaa osavärien kohdistuvuuteen vaikuttavaa virheen näkymistä painotuotteessa. Olemassa olevalla laitteistolla pystytään vielä hyvin valmistamaan perinteiset 5 mm paksut painolaatat.

Insinööriyöni aikana havaitsin, että yleisin high quality -painokoneen pysäyttämisyys oli painolaattoihin tarttuneen painoväriin ja epäpuhtauksien poispesun tarve. Välikuivaimettomassa post-print-fleksopainokoneessa käytettävä painoväri on viskositeetiltään korkeampaa kuin vastaavassa väli- ja jällekuivaimilla varustetussa koneessa. Kuivaimilla varustetussa painokoneessa olisi mahdollista käyttää juoksevampaa väriä, joka ei tarttuisi painolaattoihin yhtä helposti kuin nykyisin käytettävät. Myös värin kuivuminen olisi nopeampaa, jolloin painokoneen vastaanotossa syntyvää tahraamista (smearing) tulisi vähemmän. Selvitin myös, että olemassa oleviin HQ-koneisiin on saatavilla jälkiasennettavia väli- ja jällekuivaimia. Kuivainten asentaminen mahdollistaisi painovärien matalamman viskositeetin ja välipesujen vähenevän tarpeen.

Painolaattojen pesun yhteydessä joustoalustoihin imeytynyt vesi aiheuttaa myös paljon ongelmia, esimerkiksi joustomateriaalin kovettumista ja läikekuviota painojäljessä. Nämä tekijät puoltavat mielestäni lisätutkimusten tarpeellisuutta välikuivainten hankkimista tai asentamista high quality -post-print-painokoneita silmälläpitäen.

6 Yhteenveto

Insinööriyölle asetetut tavoitteet saavutettiin, ja tulosten ja suositusteni perusteella Stora-Enso Packaging Oy päätti ulkoistaa painolaattojen valmistuksen ohutlaattatekniikan lisäksi myös perinteisten paksujen laattojen osalta ja siirtyä kokonaan CTP-tekniikalla valmistettujen painolaattojen käyttöön fleksopainatuksessa.

Työ oli erittäin haasteellinen sekä vaativa, koska vastaavanlaisia selvityksiä ei tiettävästi ole maassamme aikaisemmin tehty. Maailmanlaajuisesti vastaavia selvityksiä ei myöskään löytynyt, joten referenssitutkimuksia ei ollut saatavilla.

Koin selvitystyön erittäin mielenkiintoiseksi, koska se poikkesi yleisesti graafisella alalla tehtävistä materiaalihukkaan liittyvistä selvityksistä.

Lähteet

1. Vuosikatsaus 2011. Verkkodokumentti. Stora Enso Oyj. <http://www.storaenso.com/media-centre/publications/annual-report/Documents/Stora_Enso_E_Financial_Report_2011.pdf>. Luettu 9.8.2012.
2. About us. Verkkodokumentti. Stora Enso Oyj. <<http://www.storaenso.com/about-us/mills/finland/Pages/stora-ensos-mills-in-finland.aspx>>. Luettu 9.8.2012.
3. About us. Verkkodokumentti. Stora Enso Oyj. http://www.storaenso.com/about-us/capacities/Documents/Renewable_Packaging_Capacity2012.pdf. Luettu 9.8.2012.
4. About us. Verkkodokumentti. Stora Enso Oyj. <http://www.storaenso.com/ABOUT-US/MILLS/Pages/stora-enso-mills.aspx>. Luettu 9.8.2012.
5. What is flexography? Verkkodokumentti. Hager Containers. <http://www.hagercontainers.com/corr7>. Luettu 6/2006.
6. Viluksela Pentti, Ristimäki Seija, Spännäri Toni. 2007. Painoviestinnän tekniikka. Opetushallitus.
7. Production program. Verkkodokumentti. Duropack group. <http://www.duropack.eu/en/corrugated-board/production-program>. Luettu 4/2012.
8. Laakso Osmo. 2003. Aaltopahvin valmistus ja jalostus. 2.korjattu ja päivitetty painos. Suomen aaltopahviihdistys.
9. Flexoplate/digital CTP. Verkkodokumentti. Trisoft graphics inc. <http://www.trisoftco.com/trisoft/flexoplatedctp.html>. Luettu 6/2012.

Painopinnan kokonaisvenymän tutkimus

Opinnäytetyöni aikana havaitsin että tasossa valotetun painolaatan painotelalle asentamisen yhteydessä painopintaan muodostuu ajosuunnassa venymää, joka aiheuttaa painoaiheiden dimensioille virhettä.

Tutkimus suoritettiin valmistamalla identtiset sarjat painolaattoja konventionaalisella sekä CTP-tekniikalla. Painolaatoille muodostettiin kompakteja painoaiheita joiden ajosuunnassa mitattu pituus oli 5:stä aina 1000 millimetriin asti. Vastaavasti valmistimme identtiset sarjat laattoja joiden painoaiheet olivat rasteroituja. Laattoja valmistettiin 2 sarjaa kustakin tutkimukseen valistusta laattamateriaalin valmistuserästä, tällä pyrimme varmistamaan mittausten luotettavuuden sekä selvittämään onko valmistuserien välillä suuria poikkeamia venymän syntymisessä. Koelaattoja valmistettiin yhteensä 24 kappaletta. CTP-laatat valmistettiin Flexo Lahti Oy:ssä, joka oli lähin fleksopainolaattoja valmistava yritys. Laatat valotettiin rummulla laserilla. Konventionaalisella menetelmällä valmistetut laatat tuotettiin vastaavasti yhtiön omilla laitteilla. Perinteisten laattojen filmit tulostettiin käyttäen RIP:n korjauskerrointa 2,3% 5mm paksuille laatoille, vastaava kerroin ohuille laatoille on 1,2% ajosuunnassa kutistaen. Seuraavissa taulukoissa on esitetty mittaustuloksia yhden koelaattasarjan osalta.

Taulukko 1. Konventionaalisesti valmistettu 5mm koelaatta kompakti pinta

painopinnan pituus filmillä mm	korjauskerroin RIP:ssä	mittaustulos rummulla mm	mitattu venymä mm	erotus %
1000,00	0,77	1021,00	21,00	2,10 %
187,50	0,77	191,25	3,75	2,00 %
125,00	0,77	127,50	2,50	2,00 %
62,50	0,77	63,75	1,25	2,00 %
50,00	0,77	50,70	0,70	1,40 %
45,00	0,77	46,50	1,50	3,33 %
40,00	0,77	41,00	1,00	2,50 %
35,00	0,77	35,80	0,80	2,29 %
30,00	0,77	31,00	1,00	3,33 %
25,00	0,77	25,90	0,90	3,60 %
22,73	0,77	23,00	0,27	1,20 %
20,00	0,77	20,50	0,50	2,50 %
15,00	0,77	15,10	0,10	0,67 %
10,00	0,77	10,50	0,50	5,00 %
5,00	0,77	5,10	0,10	2,00 %

taulukko 2. CTP-tekniikalla valmistettu 5mm koelaatta kompakti pinta

painopinnan pituus tiedostossa mm	korjauserroin RIP:ssä	mittaustulos rummulla mm	mitattu venymä mm	erotus %
1000,00	0,00	1000,00	0,00	0,00 %
187,50	0,00	187,50	0,00	0,00 %
125,00	0,00	125,00	0,00	0,00 %
62,50	0,00	62,5	0,00	0,00 %
50,00	0,00	50,00	0,00	0,00 %
45,00	0,00	45,00	0,00	0,00 %
40,00	0,00	40,00	0,00	0,00 %
35,00	0,00	35,00	0,00	0,00 %
30,00	0,00	30,00	0,00	0,00 %
25,00	0,00	25,00	0,00	0,00 %
22,73	0,00	22,73	0,00	0,01 %
20,00	0,00	20,00	0,00	0,00 %
15,00	0,00	15,00	0,00	0,00 %
10,00	0,00	10,00	0,00	0,00 %
5,00	0,00	5,00	0,00	0,00 %

Taulukosta 1 voidaan päätellä että konventionaalisella menetelmällä valmistetun koelaatan painopintojen venymää ei ole saatu eliminoidua edes käyttämällä RIP:n korjauserrointa. Taulukosta käy myös ilmi ettei venymän muodostuminen ole lineaarista, vaan painoaiheen ajosuuntainen pituus vaikuttaa venymän suuruuteen.

Mittauksissa ilmeni myös että laattamateriaalin valmistuserien välillä on eroavaisuuksia venymän muodostumisen suhteen, kuitenkin olematta merkitsevänsä suurina.