

Tomi Koponen

Dekorointimenetelmien soveltuvuus kolmiulotteisille pinnoille

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinöörityö
24.4.2012

Tekijä Otsikko	Tomi Koponen Dekorointimenetelmien soveltuvuus kolmiulotteisille pinnoille
Sivumäärä Aika	64 sivua + 1 liite 24.4.2012
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Pekka Salonen Tuotantojohtaja Ville Lindström
<p>Tämä insinöörityö tehtiin designtoimisto Mozo Oy:lle. Työn tarkoitus oli tuottaa selvitystyö erilaisista dekorointimenetelmistä ja tutkia niiden soveltuvuutta erilaisille pinnanmuodoille.</p> <p>Työ aloitettiin kuvaamalla dekorointiprosessin kulku tietokoneen näytöltä dekoroitavan kappaleen pinnalle. Dekorointiprosessin kuvaamisen jälkeen käsiteltiin eri väriaineiden ja materiaalien vaikutukset dekorointiprosessiin sekä määriteltiin erityyppiset pinnanmuodot esimerkkikuvien avulla. Kun dekorointiprosessin teoreettinen pohja oli selvitetty, siirryttiin tarkastelemaan erilaisia dekorointitekniikoita. Dekorointitekniikoista käytiin läpi perinteiset ja digitaaliset painotekniikat sekä kuvansiirtotekniikat. Jokaisen tekniikan kohdalla selvitettiin tekniikan toimintaperiaate sekä pohdittiin tekniikan soveltuvuutta erityyppisille pinnoille.</p> <p>Teoreettisen selvitystyön jälkeen siirryttiin testaamaan käytännössä eri dekorointitekniikoiden soveltuvuutta tasaiselle, yhteen suuntaan kaarevalle sekä kaksoiskaarevalle pinnalle. Testikappaleena toimi testejä varten suunniteltu 3D-tuloste. Testattuja menetelmiä olivat UV-tulostus, yliteippaaminen, kuvansiirto kopiopaperin sekä kuvansiirto kuvansiirtokalvon avulla.</p> <p>Teoreettisen selvitystyön sekä tehtyjen testien perusteella todettiin, että tasomaisille pinnoille soveltuvat kaikki dekorointitekniikat. Yhteen suuntaan kaarevia pintoja voidaan dekoroida useilla eri tekniikoilla, jos dekoroitava pinta ei ole liian kaareva. Painolevyn tai kuvansiirtokalvon pitää pystyä seuraamaan dekoroitavaa pintaa, jotta dekorointi on mahdollista kaarevien pintojen kohdalla. Kaksoiskaarevien pintojen dekorointi on haastavaa, ja siihen soveltuvat vain erittäin joustavat painolevyt tai kuvansiirtokalvot. Parhaiten kaksoiskaareville pinnoille soveltuvat yliteippaus sekä sublimaatiokalvoon tai hydrograafiseen painamiseen perustuvat tekniikat, joissa painoaihe muotoutuu parhaiten dekoroitavalle pinnalle.</p>	
Avainsanat	Dekorointi, painotekniikat, kuvansiirto, 3D-pinnat

Author Title	Tomi Koponen Decoration Techniques Suitability for 3D-Surfaces
Number of Pages Date	64 pages + 1 appendices 24 April 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Product Design
Instructors	Pekka Salonen, Lecturer Ville Lindström, R&D Director
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to produce a survey of different decoration techniques and explore their suitability for different shaped surfaces. The project work began by describing the path of a decoration process from a computer monitor to the top of decorated surface. After describing the path it was considered how different dyes and materials interact in the decoration process. Different shaped surfaces were also defined using example pictures. After the theoretical basis of the whole decoration process was finished, various decoration techniques were explored. The thesis covers various traditional and digital printing techniques in addition to image transfer techniques. For each technique, the fundamentals of the technique were explained, and its suitability for different shaped surfaces was analyzed.</p> <p>After the theoretical phase of the thesis, the test phase was started in practice. Before the test phase began, a special designed object which included planar, single-curved and double-curved surface was 3D printed. The aim of the tests was research the suitability of different techniques for these surfaces. The tested techniques were UV-printing, over wrapping and image transfer with copy paper and image transfer film.</p> <p>In conclusion, the results of the different decoration techniques' suitability for different shaped surfaces were as follows. It was found out that planar surfaces are suitable for all decoration techniques. Single-curved surfaces may be decorated with a number of different technologies, if the surface curvature is not too radical. When the curvature is too radical, however, the printing plate or image transfer media can't follow the decorated surface and the decoration will not succeed. Furthermore, double-curved surfaces are the most challenging surfaces to decorate and only techniques with very flexible printing plates or image transfer medias are suitable. To sum up, the best results are received with over wrapping, sublimation image transfer films and hydrographics because these techniques have the best freeform features.</p>	
Keywords	Decoration, Printing techniques, Image transfer methods, 3D-surfaces

Sisälllys

Sanasto ja lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Dekorointimenetelmät	2
3	Painoaiheiden vaatimukset dekorointitekniikoille	3
3.1	Kappaleen visuaalisen ilmeen muodostuminen	3
3.2	Painoaiheiden muodostuminen	7
3.3	Bittikartoista muodostuvat painoaiheet	8
3.4	Vektorigrafiikkaan perustuvat painoaiheet	9
4	Väriaineet	9
5	Dekorointitekniikoiden materiaalivaatimukset	10
5.1	Väriaineiden soveltuvuus materiaaleille	10
5.2	Materiaalien pinnanlaatu	11
6	Dekoroitavien pintojen muodot	12
6.1	Tasomaiset pinnat	12
6.2	Yhteen suuntaan kaarevat pinnat	12
6.3	Kaksoiskaarevat pinnat	13
7	Dekorointitekniikat	13
7.1	Perinteiset painotekniikat	13
7.1.1	Kohopaino	14
7.1.2	Fleksopaino	15
7.1.3	Offset (laakapaino, laakaoffset)	17
7.1.4	Seripaino (silkipaino)	18
7.1.5	Syväpaino	21
7.1.6	Tampopaino	23

7.2	Digitaaliset painotekniikat	24
7.2.1	Mustesuihkutulostimet eli Inkjet	25
7.2.2	Elektrofotografia eli xerografia	26
7.2.3	Elektrografia	28
7.2.4	Ionografia	28
7.2.5	Magnetografia	29
7.2.6	Termografia	29
7.2.7	Elkografia	31
7.3	Kuvansiirtotekniikat	32
7.3.1	In Mold -tekniikat	32
7.3.2	Kuumapainotekniikat	35
7.3.3	Hydrografinen painaminen	36
7.3.4	Yliteippaaminen (Wrapping)	38
7.3.5	Digipinnoitus	38
7.3.6	Dekoroiminen laser-tulosteella	40
7.3.7	Dekoroiminen sublimaatiokalvoilla	41
8	Dekorointimenelmien testaus ja vertailu	43
8.1	UV-tulostus	48
8.2	Dekorointi tarran avulla	53
8.3	Kuvansiirto kopiopaperilta	56
8.4	Tulostus kuvansiirtokalvolle	60
9	Yhteenveto	63
	Lähteet	65
	Liitteet	
	Liite 1. Testikappaleen tekninen piirros	

Sanasto ja lyhenteet

ABS	Kevyt, jäykkä ja kestävä muovilaatu, joka on hinnaltaan varsin edullista. ABS:ää käytetään paljon muun muassa kulutusesineiden raaka-aineena.
Additiivinen värinmuodostus	Lisävä värinmuodostus eli värien muodostumien sekoittamalla värillisiä valonlähteitä.
Artwork	Suunnittelijan luoma kuva, kuvitus, tekstuuri, teksti, piirros tai näiden kaikkien yhdistelmä, jota käytetään dekorointiin. Ks. Painoaihe.
Bittikartta	Pikseleistä muodostuva ruudukko, joka muistuttaa shakkilautaa. Esimerkiksi digikuvat ovat bittikarttoja, joissa eriväristen pikseleiden muodostama ruudukko nähdään valokuvana.
CMYK	Paino- eli prosessivärit, jotka muodostuvat C = cyan, M = magenta, Y = yellow ja K = key (musta).
Dekorointi	Pintojen ja kappaleiden koristaminen eri menetelmien avulla.
dpi	Dots per inch eli pisteiden lukumäärä tuumalla. Dpi:tä käytetään esimerkiksi tulostustarkkuuden mittarina eli kertomaan montako pistettä tulostin tulostaa yhden tuuman matkalle.
Efektiväri	Väriaine, jota käytetään painossa CMYK-värien lisäksi. Efektiväri tuo dekoroitavalle pinnalle erikoisefektejä kuten pimeässä hohtavuuden.

Fotopolymeerimuovi	Muovityyppi, joka muuttaa ominaisuuksiaan, kun se altistetaan valolle (usein UV-valolle).
IMD	In Mold Decoration eli muotissa tapahtuva dekorointi. IMD-termillä viitataan yleensä käyttöesineiden valun tai ruiskupuristuksen yhteydessä tapahtuvaan dekorointiin.
IML	In Mold Labeling eli muotissa tapahtuva merkintä. IML-termillä viitataan yleensä pakkausten valun tai ruiskupuristuksen yhteydessä tapahtuvaan dekorointiin.
Inkjet	Mustesuihkuun perustuva dekorointitekniikka.
Latenttikuva	Näkymätön kuva, joka muodostuu sähkövarauksista. Latenttikuvaa käytetään väriaineen siirtoon ja paikoitukseen eräissä tekniikoissa.
lpcm	Lines per cm. Rasteritiheyden yksikkö, jolla kuvataan rasteripisteiden lukumäärää yhden senttimetrin matkalla.
lpi	Lines per inch. Rasteritiheyden yksikkö, jolla kuvataan rasteripisteiden lukumäärää yhden tuuman matkalla.
Masteri	Nimitys painoaihiolle kosketuksellisissa painomenetelmissä.
Painoaihe	Suunnittelijan luoma kuva, kuvitus, tekstuuri, teksti, piirros tai näiden kaikkien yhdistelmä, jota käytetään dekorointiin. Ks. Artwork.

Pietsosähköinen ilmiö	Kun pietsosähköiseen materiaalin johdetaan sähkövirta, se laajenee ja kun virta katkaistaan, palaa materiaali entiseen muotoonsa.
Pigmentti	Partikkeli, joka antaa väriaineille niiden ominaisen värin tai muun optisen ominaisuuden.
Pikseli	Kuvapiste, jolla ei ole kiinteää fyysistä kokoa, muotoa tai väriä.
ppi	Pixels per inch eli pikseleiden lukumäärä tuumalla.
Raakeli	Lastamainen työkalu, jonka avulla painoväri puristetaan seulakankaan läpi seripainossa.
Rasteripisteet	Rasterointiprosessissa muodostuvat (paino)väripisteet, joiden pohjalta dekoroitava kuva muodostetaan.
Rasterointi	Menetelmä, jossa painoaihe toistetaan erikokoisina ja tiheyksisinä rasteripisteinä. Rasterointia käytetään, jotta painoaiheen eri värisävyt saadaan toistettua.
Resoluutio	Termi, jolla kuvataan tarkkuutta ja erottelukykä. Esimerkiksi näyttölaitteissa termi viittaa pikseleiden lukumäärään pituusyksikköä kohti. Mitä suurempi resoluutio on, sitä tarkempi kuva muodostuu.
RGB	Lyhenne punaisen (red), vihreän (green) ja sinisen (blue) muodostamasta väriavaruudesta.

RIP	Raster Image Processor eli rasterointiprosessori, jossa painoaiheiden rasterointi suoritetaan.
Seripaino	Painotekniikka, joka tunnetaan myös nimellä silkkipaino. Seripainossa painoväri siirtyy painokaavion aukoista seulakankaan läpi painoalustalle.
Seulakangas	Seripainossa käytettävä, painoväriä läpäisevä kangas.
Siirtomedia	Dekorointiprosessissa välittäjä eli esimerkiksi kalvo, jonka avulla väriainetta siirretään pinnalta toiselle.
Spottiväri	Väriaine, jota käytetään painossa CMYK-värien lisäksi. Spottivärien avulla voidaan kuvata painoaiheen tiettyjä yksityiskohtia, joita ei CMYK-värein pystytä toistamaan.
Sublimaatio	Prosessi, jossa aine vaihtaa olomuotoaan suoraan kiinteästä kaasuksi ilman nestemäistä välitilaa.
Subtraktiivinen värinmuodostus	Vähentävä värinmuodostus eli värien muodostumien värillisistä pinnoista heijastamalla.
Tooneri	Kiinteä tai nestemäinen väriaine, jota käytetään erityisesti elektrofotografiassa.
Vektorikuva	Kuva, joka muodostuu koordinaatistoon sidottuista objekteista, jotka voidaan määrittää matemaattisten funktioiden tai koordinaattien avulla.

1 Johdanto

Tuotteiden visuaalisuus on yhä tärkeämmässä asemassa nykypäivän maailmassa, ja lähes kaikki markkinoilla olevat tuotteet ovatkin jollain tapaa dekoroituja eli koristeltuja. Esimerkiksi hankkiessamme uuden matkapuhelimen, törmäämme useaan eri dekorointimenetelmään. Ensi silmäys dekorointiin saadaan jo puhelimen myyntipakkauksesta, joka on tyypillisesti valmistettu kartongista taitellen. Pakkauksen tekstit ja kuvat on todennäköisesti dekoroitu tasomaiselle kartongille perinteisin painomenetelmin, mutta miten puhelimessa olevia kolmiulotteisia pintoja voitaisiin dekoroida? Puhelimen ja monien muiden tuotteiden pinnanmuodot eivät aina ole tasaisia eikä niitä voi taitella tasomaiseksi kuten pakkauksia. Tästä syystä joudummekin käyttämään erikoistekniikoita esimerkiksi kaksoiskaarevien pintojen kohdalla.

Dekorointia käytetään paljon viestinnällisiin tarkoituksiin, mutta sillä on myös merkittävä rooli, kun luomme mielikuvia tuotteista. Valitessamme kahden fyysisesti täysin vastaavan tuotteen välillä päädyimme siihen, jota pidämme visuaalisesti viehättävämpänä. Nämä henkilökohtaiset mieltymykset ohjaavat meitä esimerkiksi ostaessamme autoa. Haluamme usein tietyn värisen auton, vaikka väri ei millään tavalla vaikuta auton fyysisiin ominaisuuksiin. Dekorointia käytetään yhä enemmän myös tuotteiden personointiin. Ihmiset haluavat erottua joukosta ja saada tuotteistaan henkilökohtaisempia. Esimerkiksi pankkikortin dekorointi omalla valokuvalla tuottaa kortille enemmän tunnearvoa kuin pankin tarjoamat valmiit dekorointivaihtoehdot.

Insinööriyö tehtiin designtoimisto Mozo Oy:lle. Designtoimiston näkökulmasta dekorointimenetelmien ja -tekniikoiden tuntemus on erittäin tärkeää, jotta suunnitellut kuvat ja grafiikat saadaan liitettyä erilaisille pinnoille mahdollisimman näyttävästi ja ammattitaitoisesti. Myös tuotteiden prototyyppivaiheessa dekoroinnilla on merkittävä rooli, sillä tuoteideoita on hankala myydä ja markkinoida, mikäli tuoteprototyyppi on dekoroinnaton.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on perehtyä erilaisiin dekorointitekniikoihin ja tuottaa Mozo Oy:lle selvitystyö, miten erityisesti kolmiulotteisia pintoja voidaan dekoroida. Työn tavoitteena on koota eri dekorointitekniikoiden tarjoamat mahdollisuudet yksiin kansiin ja toimia ohjekirjana tulevaisuuden projektien

dekorointimenetelmiä kartoitettaessa. Painoaiheiden osalta käydään läpi bittikarttojen ja vektorikuvien erot sekä niiden merkitykset dekorointiprosessissa. Menetelmiä kartoitettaessa otetaan myös huomioon dekoroitavan pinnan materiaali ja sen vaikutus dekorointimenetelmän valintaan. Työn suurimpana haasteena on löytää dekorointimenetelmä, joka soveltuu kolmiulotteisille pinnoille. Lähes kaikki dekorointitekniikat on kehitetty tasomaisten pintojen dekoroinniseen, joten niiden soveltaminen kolmiulotteisille pinnoille ei ole täysin mutkatonta. Kolmiulotteisista pinnoista käydään läpi yhteen suuntaan kaarevat koverat ja kuperat pinnat sekä kaksoiskaarevat koverat ja kuperat pinnat. Myös tasomaiset pinnat käydään läpi, mutta niiden tarkastelu jätetään vähemmälle huomiolle.

2 Dekorointimenetelmät

Dekorointimenetelmiin perehdyttäessä on syytä tuntea, mihin eri painotekniikat perustuvat. Painotekniikat voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään painoaiheen siirtotavan mukaan. Kosketuksellisessa siirtotavassa painoaihe siirretään painettavan kappaleen pintaan kosketuksen avulla, esimerkkinä kohopainomenetelmät. Kosketuksellisessa menetelmässä käytetään usein termiä masteri kuvaamaan painoaihota, jolta painoaihe siirretään kappaleen pintaan. Kosketuksettomassa siirtotavassa painoaihe siirretään painettavan kappaleen pintaan ilman kosketusta, esimerkiksi mustesuihkutekniikan avulla. Kosketukseton painotekniikka tunnetaan yleisesti myös termillä NIP- eli Non Impact-painotekniikka (1, s. 92). Kosketukselliset tekniikat edustavat perinteisiä painotekniikoita ja kosketuksettomista tekniikoista käytetään usein nimitystä digitaaliset painotekniikat. Painoaiheen siirtotapaa kuvaavalla verbillä ”painaminen” viitataan yleisesti kosketuksellisiin painotekniikoihin ja termillä ”tulostaminen” kosketuksettomiin eli digitaalisiin painotekniikoihin.

Kun puhutaan digitaalisesta painamisesta tarkoitetaan yleensä esimerkiksi kirjapainossa tapahtuvaa tulostamista suuressa mittakaavassa, joten termien ”tulostaminen” ja ”painaminen” välinen ero on kuitenkin häilyvä. Kolmiulotteisten pintojen kohdalla ei voida yksiselitteisesti sanoa mikä painotekniikka on paras, sillä menetelmien sopivuus riippuu aina dekoroitavan pinnan muodosta. Niin perinteisten kuin digitaalistenkin painotekniikoiden kohdalla voidaan myös hyödyntää erinäisiä siirtokuvamenetelmiä,

jolloin painoiheet painetaan tai tulostetaan tasomaisille kalvoille tai tarroille, joiden avulla pinnat lopulta dekoroidaan.

3 Painoiheiden vaatimukset dekorointiteknikoille

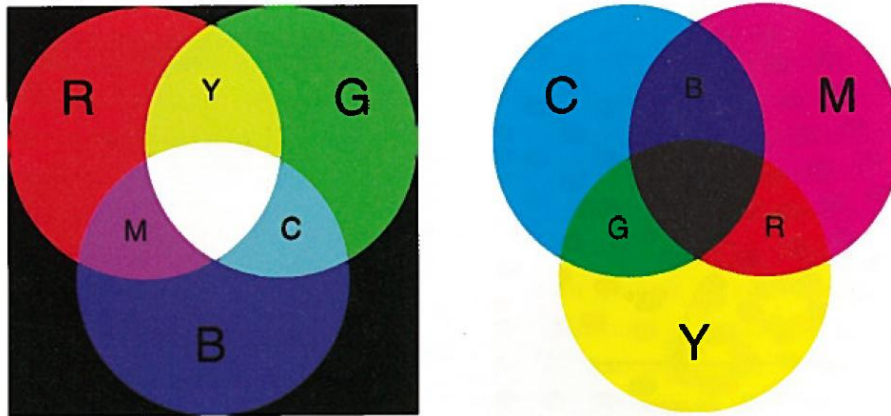
3.1 Kappaleen visuaalisen ilmeen muodostuminen

Kappaleen visuaalista ilmettä voidaan muuttaa erilaisin dekorointimenetelmin. Dekorointia ovat esimerkiksi pinnan maalaaminen tai muut pintakäsittelyt kuten pinnan lakkaus, mutta useimmiten pintaa halutaan dekoroida painoiheiden avulla. Painoiheella tarkoitetaan visuaalista elementtiä, joka siirretään kappaleen pinnalle painoteknisin menetelmin. Painoiheesta käytetään yleisesti myös termiä Artwork mainos- ja suunnittelutoimistojen keskuudessa. Yksinkertaisimmillaan se on pieni yksivärinen teksti tai grafiikka, esimerkiksi yrityksen nimellä varustettu logo. Yksinkertaisen painoiheen siirtäminen kolmiulotteiselle pinnalle on yleensä myös teknisesti varsin helppoa. Monimutkainen painoihe on tyyppillisesti monivärinen, tietokoneen kuvankäsittelyohjelmilla luotu visuaalinen elementti, jossa yhdistellään kuvia, tekstiä sekä grafiikoita. Ne sisältävät usein myös erilaisia väriliukuja tai spotti- tai efektivärejä painoiheen tehostuskeinoina. Monimutkaisia painoiheita esiintyy erityisesti mainonnan tarpeissa, koska kappaleiden näyttävällä visuaalisella ilmeellä pyritään herättämään kuluttajien huomio. Myös dekoroitavan pinnan koolla on merkitystä. On huomattavasti hankalampaa dekoroida kappale kauttaaltaan, kuin liittää siihen pieni ja yksinkertainen painoihe.

Painoiheen siirtäminen tietokoneen näytöltä dekoroitavalle pinnalle on monimutkainen prosessi. Tietokoneen näytöllä näkyvä painoihe muodostuu pikseleistä eli väripisteistä. Toisin sanoen näytöllä näkyvä painoihe on suuri joukko pieniä erivärisiä pisteitä, jotka yhdessä muodostavat näkyvän kuvan. Pikseleiden värit muodostuvat lisäävän eli additiivisen värinmuodostustekniikan avulla. Tämä tarkoittaa, että jokaisen pikselin väri muodostetaan sekoittamalla erivärisiä valoja eri suhteissa. Lähtöväreinä käytetään tällöin punaista (red), vihreää (green) ja sinistä (blue), joihin pohjautuu myös termi RGB-värit. Karrikoidusti sanoen, jokaisen pikselin takana on kolme eriväristä (punainen, vihreä, sininen) lamppua, joiden valotehoja muuttamalla saadaan pikselille haluttu väri. Kaikkien lamppujen maksimaalinen valo tuottaa pikselin valkoisen värin ja täysin

valoton vastaavasti mustan. Pikseleillä ei ole ennalta määrrättyä mitta tai muotoa. Ne riippuvat aina käytettävästä näytöstä ja sen sisältämästä tekniikasta. Näyttö voidaan kuvitella esimerkiksi shakkilautana, jossa jokainen shakkiruutu sisältää kolme lamppua, joiden avulla jokainen shakkiruutu eli tässä tapauksessa pikseli kuvataan. Pikseleiden avulla voidaan myös vertailla eri näyttölaitteiden tarkkuuksia. Yksiköllä **ppi** eli pixels per inch kuvataan pikseleiden määrää tuumaa kohden. (1, s. 24 – 34.)

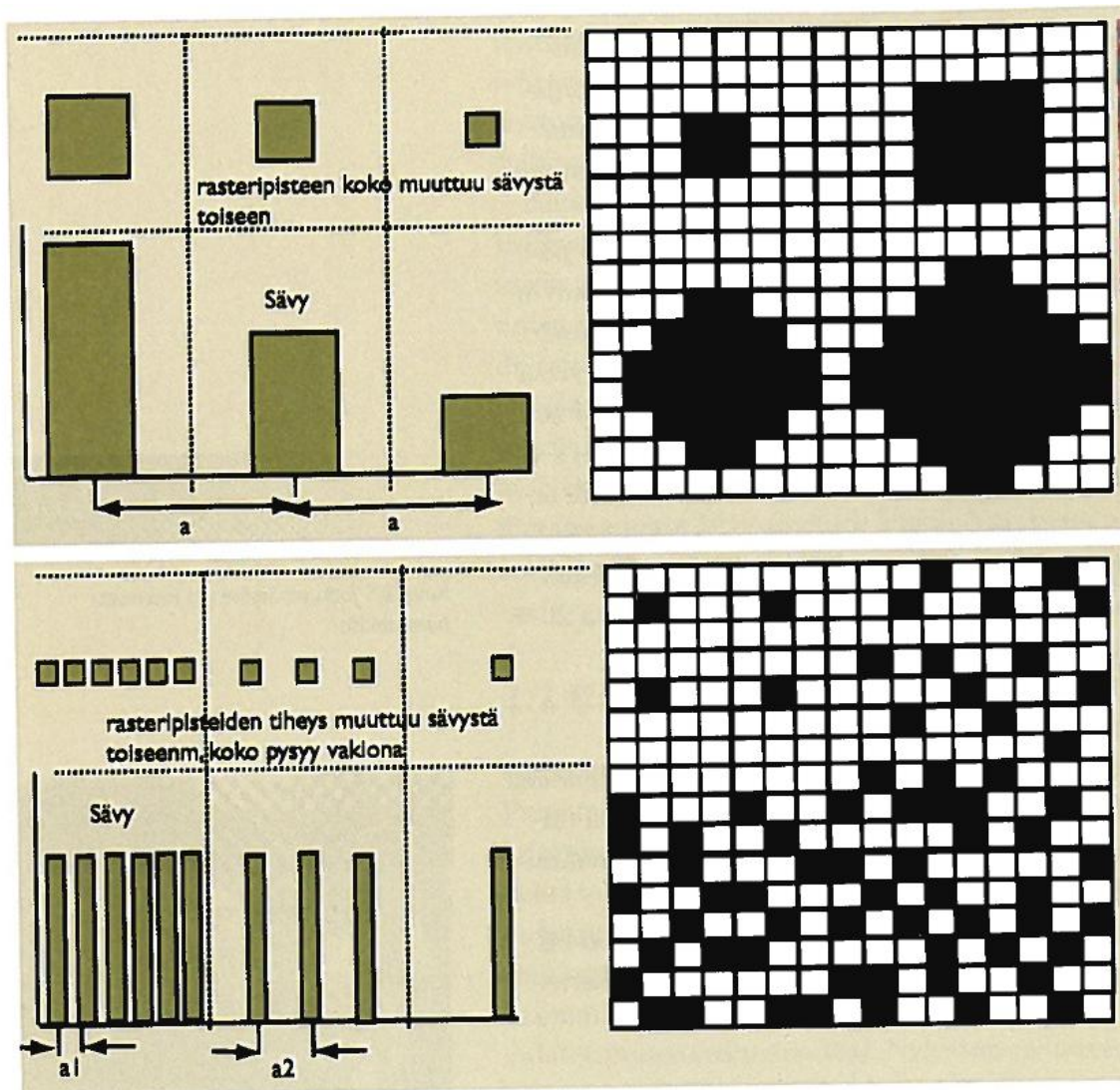
Kun tietokoneen näytöltä siirrytään pintojen dekorointiin, joudutaan värinmuodostumistapa kuitenkin muuttamaan päinvastaiseksi. Painoteknisten menetelmien kohdalla käytetään vähentävää eli subtraktiivisista värinmuodostusta, koska painettava pinta ei lähetä valoa tietokoneen näytön tavoin. Subtraktiivinen värinmuodostus perustuu valon heijastumiseen kappaleen pinnasta. Lähtökohtana on tyypillisesti valkoinen pinta, joka nähdään valkoisena, koska se heijastaa valkoisen valon komponentteja yhtä paljon. Kun valkoista pohjaväriä peitetään painovärien avulla, niin kukin painoväri vähentää vastakkaisvärinsä valon heijastumista kappaleen pinnasta. Perusväreinä käytetään syaania (cyan), magentaa (magenta), keltaista (yellow) sekä mustaa, jota kutsutaan avainväriksi (key). Tämä värijärjestelmä tunnetaan nimellä CMYK ja siitä puhuttaessa käytetään usein termiä neliväripainaminen. Esimerkiksi näkemämme keltainen syntyy, kun keltainen painoväri absorboi pinnastaan heijastuvan sinisen eli vastakkaisvärinsä valon, jolloin pinnasta heijastuvat punainen ja vihreä valo tuottavat keltaisen väri. CMYK-värien lisäksi saadaan myös muut värit päällekkäispainatuksien avulla, esimerkiksi siten, että syaani ja keltainen muodostavat vihreän värin. (1, s. 24 – 34.)



Kuva 1. RGB- ja CMYK-värit (1, s. 24). Vasemmalla lisäävän eli additiivisen värinmuodostuksen värisekoitukset ja oikealla vähentävän eli subtraktiivisen värinmuodostuksen värisekoitukset.

Ennen dekorointiprosessin aloittamista, pitää painoaihe vielä rasteroida. Rasterointiprosessissa painoaiheen sisältämä data muunnetaan painokoneen tai tulostimen tunnistamaan muotoon eli näytöllä näkyvien pikseleiden värien ja sijaintien perusteella luodaan uusi painovärein toteutettu painopisteparvi, joka vastaa näytöllä näkyvää painoaihetta. Rasterirakenteen perusteella rasterointimenetelmät jaetaan amplitudimoduloituun (AM)-rasterointiin sekä tajuusmoduloituun (FM)-rasterointiin. Rasterointimenetelmien periaatteet on selitetty kuvassa 2. (1, s. 20 – 24.)

Rasterointia käytetään myös, koska painoaiheiden eri tummuusasteita ei pystytä toistamaan pelkästään painovärikerroksen paksuutta säätämällä. Rasteroinnin avulla painoaiheiden eri sävyt pystytään toistamaan rasteripisteiden kokoa muuttamalla. Tummissa sävyissä rasteripisteet ovat suurempia kuin vaaleissa sävyissä. Rasterointi tapahtuu yleensä automaattisesti esimerkiksi tavallisen mustesuihkutulostimen sisäänrakennetussa RIPissä (Raster Image Processor), mutta painoteollisuudessa painokoneille menevät painoaiheet rasteroidaan erillisten RIP-ohjelmistojen avulla. Esimerkiksi rasteripisteiden määrä pinta-alaa kohden vaikuttaa siihen, kuinka tarkkana ja luonnollisena painetut painoaiheet nähdään. Mitä tiheämmin rasteripisteitä on, sitä tarkemmalta painoaihe näyttää. Aina ei kuitenkaan voida käyttää kovin tiheää rasteria, koska rasteripisteiden yhteenkasvamisen riski lisääntyy esimerkiksi huokoisten materiaalien kohdalla. On kuitenkin hyvä pitää mielessä, ettei suuri rasteritiheys välttämättä tuo mitään lisäarvoa dekoroinnille, mikäli dekoroitua pintaa katsotaan kaukaa, sillä myös silmän erottelukyky pienenee katseluetäisyyden kasvaessa. (1, s. 20 – 24.)



Kuva 2. Rasterointiperiaatteet (1, s. 22). Yläpuolella AM-rasterointi ja alapuolella FM-rasterointi.

Myös rasteripisteiden muodoilla voidaan vaikuttaa dekoroinnin lopputulokseen, mikäli rasterointiin käytetään RIP-ohjelmistoa. Rasteripisteiden muotoja on lukemattomia erilaisia, mutta tyypillisiä muotoja ovat esimerkiksi pyöreä, ellipsi ja euclidean, jossa pisteen muoto on vaaleissa ja tummissa sävyissä pyöreä ja keskisävyissä nelikulmainen. Pyöreä piste soveltuu hyvin painoaiheisiin, jotka sisältävät paljon vaaleita ja keskisävyisiä yksityiskohtia, mutta tummissa sävyissä pyöreiden pisteiden välit saattavat helposti täyttyä ylimääräisellä painovärillä. Euclidean-pistemuoto soveltuu hyvin kaikentyyppisille painoaiheille, mutta keskisävyjen kohdalla saattaa esiintyä sävyhyppäys, kun nelikulmaisten pisteiden kulmat koskettavat toisiaan ja väri

leviää. Tummissa sävyissä ei euclideanin kohdalla kuitenkaan esiinny yhtä paljon pisteiden yhteenkasvua kuin pyöreissä pisteissä. Ellipsin muotoinen piste soveltuu erinomaisesti kaikkiin tarkoituksiin eikä sillä esiinny sävyhyppyjä keskisävyjen kohdalla. Ellipsin kohdalla saattaa kuitenkin esiintyä juovia joissain painatusolosuhteissa, eteenkin ihonsävyjen kohdalla. (21, s. 5 – 6.)

Rasterin linjatiheydellä kuvataan rasteripisteiden etäisyyttä toisistaan ja sen yksikkönä on linjaa/cm (**lpcm**) tai linjaa/tuumaa (**lpi**). Esimerkiksi sanomalehden painamisessa käytetään linjatiheyttä 40 l/cm, jolloin kahden rasteripisteen etäisyys toisistaan on 0,25 mm. Linjatiheyden lisäksi dekoroinnin tarkuutta voidaan kuvata myös yksiköllä **dpi** eli dots per inch. Se kuvaa kuinka monta painoväripistettä on yhdellä tuumalla. Yksikköä linjaa/cm (**lpcm**) tai linjaa/tuumaa (**lpi**) käytetään ensisijaisesti perinteisissä ja **dpi**:tä digitaalisissa painokoneissa. Jos rasteripisteiden etäisyys on 0,25 mm, niin tällöin yhteen tuumaan (25,4 mm) mahtuu 101,6 pistettä eli tarkkuus on 101,6 dpi. (1, s. 20 – 24.)

Dekoroinnin jälkeen lopputulos ei kuitenkaan aina vastaa haluttua painoaihetta. Jos dekoroitavan pinnan pohjaväri ei ole valkoinen, saattaa CMYK-värein painettu tai tulostettu painoaihe näyttää erilaiselta. On kuitenkin tavallista, että painokoneet ja tulostimet sisältävät CMYK-värien lisäksi myös muita värejä, joita voidaan käyttää niin dekoroitavan pinnan pohjustamiseen kuin painoaiheen tehostamiseen spotti- ja efektivärein. Painovärien kohdalla on myös syytä ottaa huomioon painovärien soveltuvuus painettavalle pinnalle. Jotkin liuotinpohjaiset painovärit voivat syövyttää tiettyjä muoveja. Tällöin on syytä käyttää esimerkiksi vesipohjaisia painovärejä.

3.2 Painoaiheiden muodostuminen

Dekoroinnin kannalta on tärkeä ymmärtää, muodostuuko painoaihe bittikartasta vai vektorigrafikasta. Jos painoaihe muodostuu bittikartasta, niin painoaiheen data koostuu pikseliruudukosta, jossa jokaisella pikselillä on ennalta määritelty väri sekä asema pikseliruudukossa. Mitä tiheämpi pikseliruudukko on, sitä tarkempi on painoaiheen resoluutio. Esimerkiksi 7 megapikselin tarkkuudella otettu valokuva voi olla pikseliresoluutioltaan 3072 x 2304, jolloin 13 x 10 cm kokoisen pinnan pikselitiheys on

600 ppi. Mikäli pinnan koko kasvatetaan A4-paperin kokoon (29,7 x 21 cm), niin painoaiheen pikselitiheys putoaa 260 ppi:hin.

Bittikartan värisyvyydellä puolestaan tarkoitetaan, kuinka monella bitillä värejä kuvataan jokaisen pikselin kohdalla. Värisyvyyden ollessa 24 bittiä puhutaan täysvärikuvista, ja tällöin jokaista pikseliä kohti on kolme tavua tietoa eli yksi tavu jokaiselle RGB-väriavaruuden komponentille. Täysvärikuvien kohdalla voidaan esittää 16,7 miljoonaa väriä, jolloin vierekkäisiä väriarvoja ei pystytä erottamaan toisistaan. Mikäli värisyvyys on alle 24 bittiä, niin painoaiheiden värit eivät näytä luonnollisilta etenkin valokuvien kohdalla.

Mikäli painoaihe muodostuu vektorigrafiikasta, jossa painoaiheen data perustuu koordinaatistoon sidottuihin objekteihin, voidaan objektien mukaiset pikselijoukot esittää matemaattisten funktioiden ja koordinaattien avulla. Objekteja ovat esimerkiksi lineaariset muodot kuten janat sekä geometriset muodot kuten monikulmiot ja ympyrät. Objektien ansiosta painoaiheet ovat resoluutioriippumattomia eli painoaihetta voidaan skaalata suuremmaksi ilman, että painoaiheen tarkkuus kärsii. Tämä perustuu objektien matemaattiseen luonteeseen eli esimerkiksi ympyrän muoto säilyy samana, oli ympyrän säteen mitta mikä hyvänsä. Bittikarttojen kohdalla skaalaus ei onnistu vastaavalla tavalla, sillä suurennettaessa bittikarttaa myös pikseleiden koko kasvaa ja kuvasta tulee rakeinen ellei painoaiheen resoluutio ole tarpeeksi korkea.

Rasterointiprossissa painoaihe rasteroidaan painoaiheen datan perusteella, riippumatta siitä, perustuuko data bittikarttaan vai vektorigrafiikkaan. Ennen rasterointia data on skaalattava dekoroitavan pinnan kokoiseksi, joten datan resoluutiolla on suuri merkitys dekoroinnin tarkkuudelle.

3.3 Bittikartoista muodostuvat painoaiheet

Tyypillisiä bittikartoista muodostuvia painoaiheita ovat digitaaliset valokuvat. Mikäli pintoja dekoroidaan valokuvilla, on valokuvan resoluution oltava riittävän suuri suhteessa dekoroitavan pinnan kokoon, jotta vältytään skaalamisen aiheuttamista ongelmista. Eräänä nyrkisääntönä voidaan pitää, että valokuvan pikseliresoluution tulisi olla kaksinkertainen painon käyttämään rasterin linjatiheyteen nähden (1, s. 31).

Vastaavasti bittikarttaan pohjautuvien väriliukujen kohdalla liuku ei ole sulava ja väri muuttuu porrasmaisesti, jos bittikartan skaalaminen tekee pikseleistä liian suuria. Silmän erottelukyky on noin 300 dpi katsottaessa 30 cm:n etäisyydeltä ja tutkimuksen (21, s. 5) mukaan koehenkilöt eivät havainneet selvää eroa 300 ja 600 lpi:n tarkkuudella painettujen kuvien välillä. Dekorointimateriaalia tuotettaessa on resoluutiona oltava siis vähintään 300 dpi, mikäli dekoroinnilta odotetaan hyvää sävyntoistoa.

3.4 Vektorigrafiikkaan perustuvat painoaiheet

Vektorigrafiikkaa tuotetaan pääasiassa vektorigrafiikkaan perustuvilla piirto-ohjelmilla kuten Adoben Illustratorilla, mutta myös CAD-ohjelmat sekä muut kolmiulotteisen grafiikan tuottamiseen tarkoitetut ohjelmat perustuvat vektorigrafiikkaan. Tyypillisiä vektorigrafiikkaan perustuvia painoaiheita ovat esimerkiksi yritysten logot. Vektorigrafiikka soveltuu skaalautuvuutensa ansiosta erinomaisesti dekorointiin. Esimerkiksi väriliukuja sisältävät painoaiheet saadaan skaalattua tarkemmin vektorigrafiikan avulla, sillä värin "pikselöitymistä" ei tapahdu bittikarttagrafiikan tavoin. Vektorigrafiikan avulla ei voida kuitenkaan esittää esimerkiksi valokuvia, sillä bittikarttaan perustuvaa dataa ei voi kääntää vektorigrafiikaksi.

4 Väriaineet

Painovärit, musteet sekä maalit ovat kaikki erityyppisiä väriaineita. Väriaineet koostuvat pigmenteistä eli värihiukkasista, jotka yhdessä sidos-, kanto- ja lisäaineiden kanssa muodostavat väriaineen. Pigmenttejä saadaan aineista, joilla on voimakkaasti värjäävä ominaisuus. Vanhimmat tunnetut pigmentit ovat peräisin maaväreistä eli esimerkiksi rautaoksidipitoisesta punamullasta, jota käytettiin jo luolamaalausten aikana. Tavallisesti pigmentit ovat peräisin luonnosta, mutta nykyisin pigmenttejä tuotetaan myös kemiallisesti. (1.)

Sidosaineiden tehtävänä on kiinnittää pigmentit kiinni dekoroitaviin pintoihin. Sidosaineita ovat esimerkiksi erilaiset hartsit. UV-väreistä puhuttaessa tarkoitetaan värejä, joissa sidosaineet aktivoituvat UV-valon vaikutuksesta. Kantoaineiden tehtävä on kuljettaa pigmentit ja muut aineet dekoroitaville pinnoille. Kantoaineena on yleensä

vesi tai liuotin, joka haihtuu pois dekorointiprosessin aikana. Liuotinpohjaiset väriaineet ovat normaalisti terveydelle haitallisia, joten dekorointiprosessin aikana on huolehdittava muun muassa tuuletuksesta. Liuotinvärit soveltuvat parhaiten ulkokäyttöön, sillä ne kestävät vesipohjaisia värejä paremmin esimerkiksi kosteutta ja pakkasta. Liuotinvärien kohdalla käytetään usein termejä Low tai Eco Solvent kuvaamaan liuottimen ympäristöystävällisyyttä, mutta käytännössä kaikki liuotinpohjaiset värit ovat haitallisia. Vesipohjaiset väriaineet ovat ympäristö- ja käyttäjäystävällisempiä, eivätkä ne aiheuta hajuhaittoja kuten liuotinpohjaiset värit. Vesipohjaisilla väreillä saavutetaan myös korkealaatuisempi dekorointijälki. (19.)

Lisäaineiden avulla voidaan parantaa esimerkiksi väriaineen juoksevuutta tai muita ominaisuuksia. Esimerkiksi amerikkalaisen Hewlett-Packardin kehittämät vesipohjaiset lateksivärit sisältävät lisäaineena lateksia, joka parantaa väriaineen kulutuskestävyyttä. Lateksiväreissä yhdistyvätkin vesi- ja liuotinpohjaisten värien parhaat ominaisuudet eli korkea kuvanlaatu sekä hyvä ulkokestävyys. Kulutuskestävyyttä voidaan parantaa myös dekoroinnin jälkeen esimerkiksi suojalakan avulla. (19.)

5 Dekorointitekniikoiden materiaalivaatimukset

Muovien, metallien, puiden, kankaiden tai keramiikan dekoroinnit eivät lähtökohtaisesti eroa paljon toisistaan, sillä useat dekorointimenetelmät soveltuvat näille kaikille materiaaleille. Dekorointimenetelmien kannalta on kuitenkin otettava huomioon muutamia materiaaliominaisuuksia, jotta dekorointiprosessi saadaan onnistumaan.

5.1 Väriaineiden soveltuvuus materiaaleille

Väriaineen on sovellettava dekoroitavalle pinnalle, jotta dekorointi olisi ylipäätään mahdollista. Väriaineiden sidosaineet eli erityyppiset liimat voivat syövyttää esimerkiksi tiettyjä muoveja tai vaihtoehtoisesti sidosaine ei välttämättä tartukaan dekoroitavalle pinnalle, jolloin dekoroitu painoaihe irtoaa. Sidosaineiden kannalta hankalia materiaaleja kiinnittymisen suhteen ovat pintajännitykseltään matalat materiaalit. Esimerkiksi silikonilla on matala pintajännitys, ja sitä käytetäänkin paljon väriaineiden siirtäjänä erilaisissa dekorointimenetelmissä. Joustavissa materiaaleissa, kuten kumeissa, ongelmaksi voi muodostua myös väriaineen lohkeilu pintaa venytettäessä.

Väriaineen kantoaine eli liuotinpohjaiset väriaineet aiheuttavat ongelmia tietyille materiaaleille. Esimerkiksi muovien kohdalla ne voivat syövyttää tiettyjä muoveja. Liuottimet voivat myös aiheuttaa ärsytystä, jos liuotinpohjaisella värillä on dekoroitu vaatteisiin tulevia kankaita.

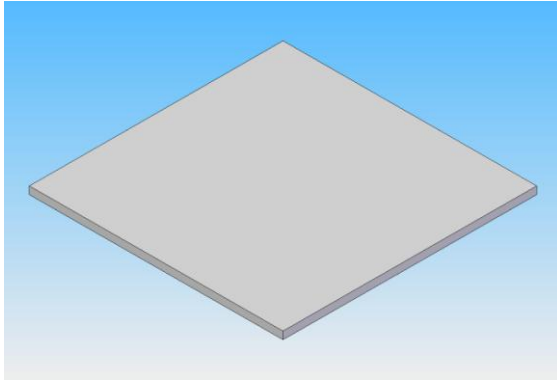
5.2 Materiaalien pinnanlaatu

Materiaalin pinnanlaadulla on suuri merkitys dekorointijäljelle. Mikäli dekoroitava pinta on pinnanlaadultaan tasainen, levittyy väriaine myös dekoroitavalle pinnalle tasaisemmin ja dekorointijälki on parempi. Rosoinen pinta on hankala väriaineen levittämisen kannalta, ja dekorointijäljestä tulee usein epätarkka. Myös huokoisuudella on merkitystä. Esimerkiksi kankaiden kohdalla väriaine voi livahtaa liian huokoisen kankaan läpi. Kiinteämpien materiaalien kohdalla huokoisuus voi myös lisätä väriaineen menekkiä. Esimerkiksi puuta dekoroidessa puu voi "imeä" itseensä enemmän väriainetta kuin vaikkapa metallipinta. Huokoisilla materiaaleilla on myös vaarana väriaineen leviäminen dekorointiprosessin aikana. Dekoroidessa kirkkaita tai läpinäkyviä materiaaleja kuten lasia tai akryyliä on dekoroitava materiaali pohjustettava peittävällä värillä, mikäli dekoroitavasta painoaiheesta ei haluta läpinäkyvää.

6 Dekoroitavien pintojen muodot

6.1 Tasomaiset pinnat

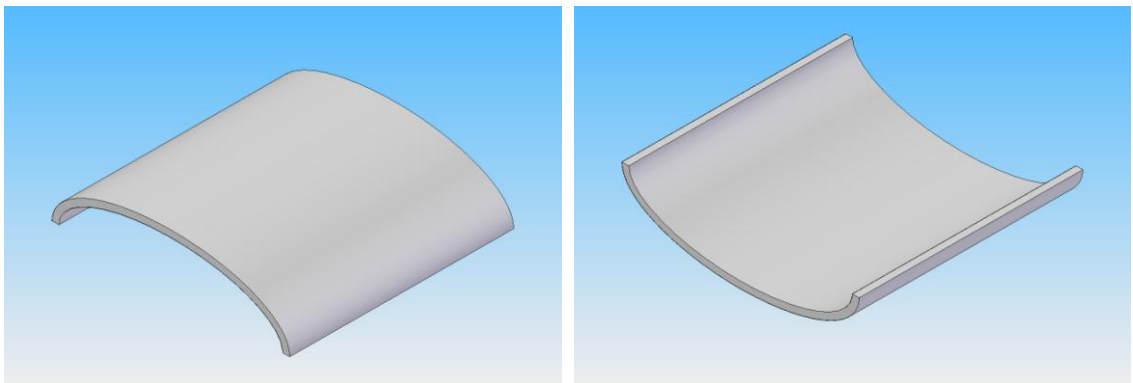
Tasomaisilla pinnoilla tarkoitetaan kuvan 3. mukaisia pintoja.



Kuva 3. Tasomainen pinta.

6.2 Yhteen suuntaan kaarevat pinnat

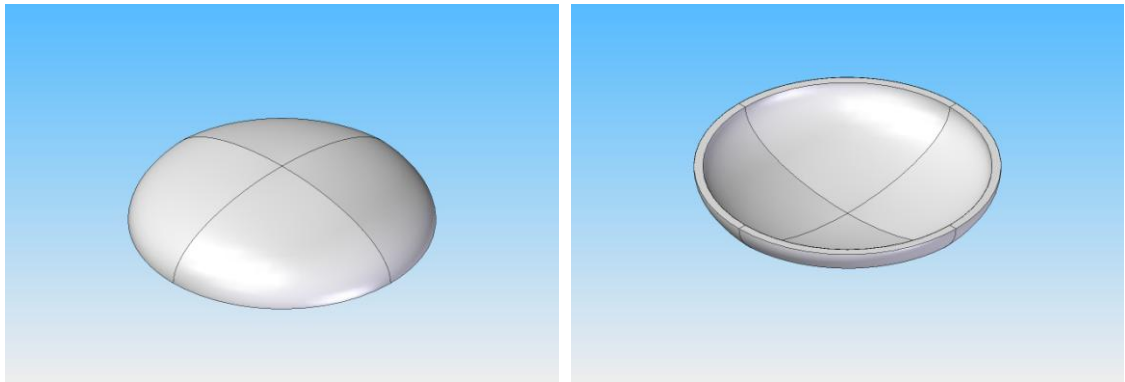
Yhteen suuntaan kaarevat pinnat voivat olla joko kupera tai kovera (kuva 4).



Kuva 4. Yhteen suuntaan kupera pinta ja kovera pinta.

6.3 Kaksoiskaarevat pinnat

Kaksoiskaarevat pinnat voivat olla joko kupera tai kovera (kuva 5).



Kuva 5. Kaksoiskaareva kupera pinta ja kovera pinta.

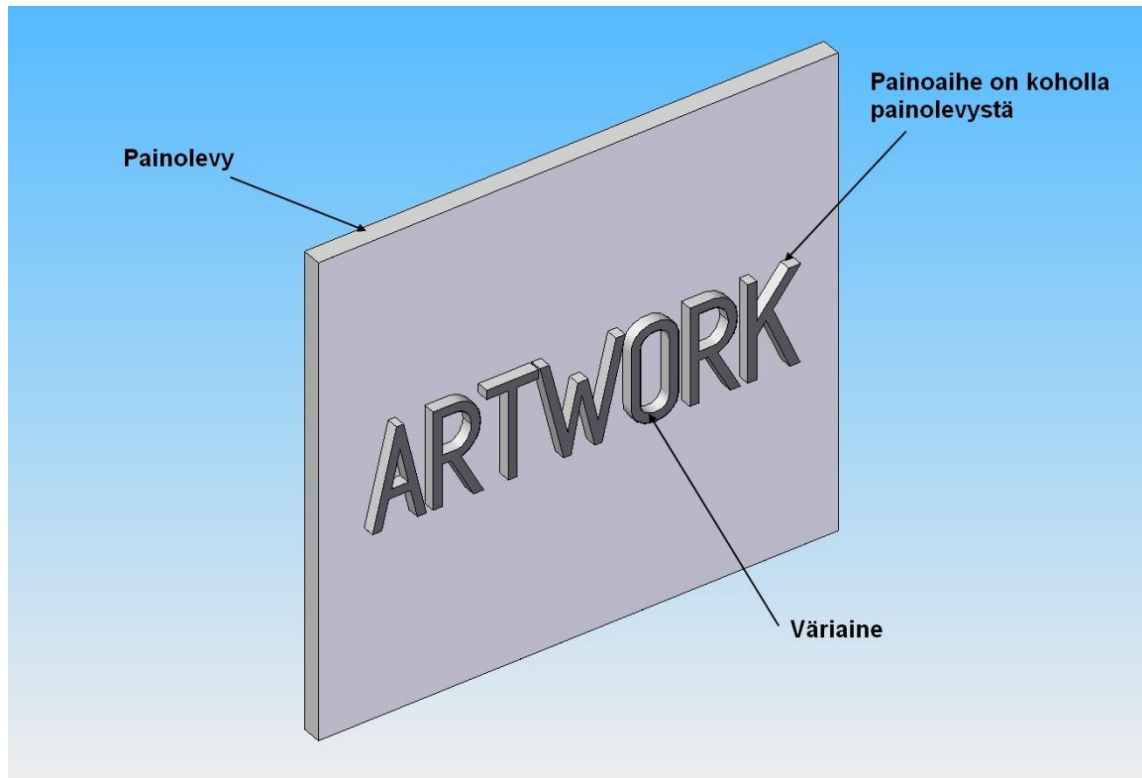
7 Dekorointitekniikat

7.1 Perinteiset painotekniikat

Lähes kaikki perinteiset painotekniikat on kehitetty tasomaisten pintojen ja kappaleiden painamiseen, ja näin ollen markkinoilla olevat painokoneet on myös suunniteltu tasomaisia kappaleita varten. Tyypillisin tasomainen kappale on paperiarkki, jolle painetaan esimerkiksi sanomalehteä. Kolmiulotteisten kappaleiden kohdalla joudutaan useimmiten soveltamaan ja tekemään erityisvalmistelua painotapahtumaa varten, mikäli painokoneella halutaan painaa suoraan kolmiulotteisen kappaleen pinnalle. Usein perinteisellä painokoneella on yksinkertaisesti mahdotonta painaa suoraan kolmiulotteiselle pinnalle, ja käytännössä ainoa vaihtoehto on uudentyyppisen painokoneen suunnittelu, jos perinteistä tekniikkaa halutaan välttämättä käyttää.

7.1.1 Kohopaino

Kohopaino on yksi vanhimmista tunnetuista painomenetelmistä, ja sen katsotaan käynnistäneen painoteknisen vallankumouksen vuoden 1440 tienoilla. Kohopainossa painettava grafiikka siirretään kappaleen pintaan kohokuvioiden avulla siten, että koholla oleva kuvio siirtää painoväriä ja synnyttää lopullisen painojäljen. Kohopainotekniikkaan perustuvat muun muassa leimasimet. Nykyisin painoteollisuudessa käytettävät kohopainolevyt valmistetaan fotopolymeerimuoveista, jotka kehitetään UV-valolla valottamalla negatiivifilmin läpi. Tällöin kohopainolevyn painavat pinnat kovettuvat UV-valon vaikutuksesta ja pehmeät ei-painavat pinnat pystytään pesemään pois painolevyn kehitysvaiheessa. Valmiissa kohopainolevyssä painavat pinnat ovat 1 - 2 mm koholla muusta levystä (kuva 6). Kohopainotekniikkaa on usein hankalaa soveltaa kolmiulotteisille pinnoille, koska painolevyt eivät jousta. Useimmiten onkin järkevämpää käyttää kohopainotekniikan pohjalta kehittynyttä fleksopainotekniikkaa kolmiulotteisten kappaleiden painamiseen. Kohopainotekniikan sovellukset, kuten preeglauus (koho- tai upotuskuvion painaminen kappaleeseen), soveltuvat kuitenkin tietyissä tapauksissa myös kolmiulotteisille kappaleille. (1, s. 73 – 75.)

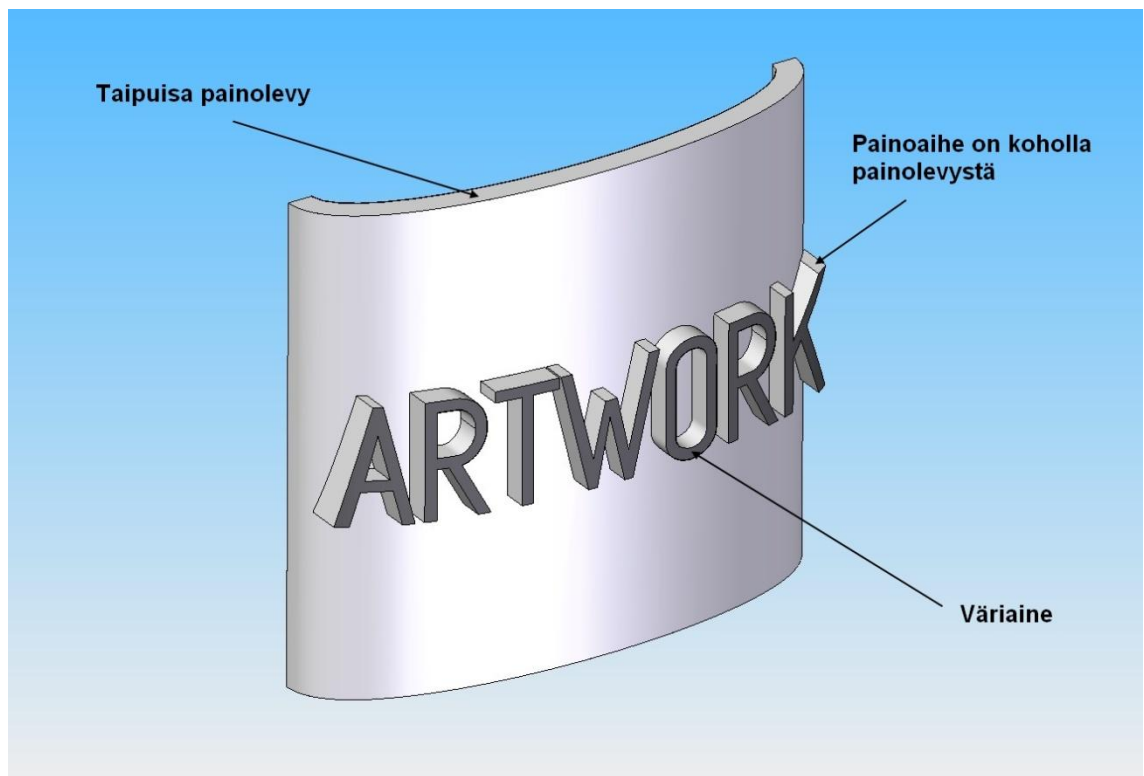


Kuva 6. Kohopainolevy.

7.1.2 Fleksopaino

Fleksopainotekniikan toimintaperiaate on sama kuin kohopainotekniikan, mutta fleksopainotekniikassa käytettävät painolevyt tai -laatat on nimensä mukaisesti valmistettu joustavista materiaaleista (kuva 7). Joustavuuden ansiosta kohokuvion on helpompi seurata painettavan kappaleen kolmiulotteista pintaa. Fleksopainon painolevyt ja -laatat valmistetaan nykyisin fotopolymeereista samalla tekniikalla kuten kohopainotekniikan painolevytkin. Fleksopainossa käytetään myös kumista valmistettuja painolevyjä. Kumiset painolevyt voidaan valmistaa vulkanoimalla tai suorakaivertamalla laserin avulla. Vulkanoinnissa raakakumin pintaa käsitellään rikin ja lämmön avulla, minkä ansiosta kumi muuttuu kovemaksi ja sen pinta silottuu. Tästä valmistustavasta ollaan kuitenkin luovuttu painolevyjen valmistuksessa, koska valmistustapa on monimutkainen ja heikkolaatuinen. Nykyisin kumista valmistetut painolevyt valmistetaan suorakaivertamalla laserilla, jolloin saadaan saumaton painopinta sekä parempi painokestävyys. Suorakaiverruksen etuna on myös parempi kohdistustarkkuus, jonka avulla painolevyn yksityiskohdat saadaan toistettua tarkemmin. (1, s. 75 – 88.)

Fleksopaino soveltuu kohopainomenetelmistä parhaiten kolmiulotteisille pinnoille, mutta fleksopainolla ei silti pystytä painamaan voimakkaasti kaarevia pintoja kovin tarkasti. Flexopainokoneet (kuten muutkin kohopainokoneet) on yleensä suunniteltu tasomaisten kappaleiden painamiseen ja niitä käytetään paljon pakkausteollisuuden painatuksiin, koska ne soveltuvat joustavuudensa ansiosta hyvin esimerkiksi aaltopahvien painamiseen. Hyvin yksinkertainen esimerkki fleksopainokoneesta, joka soveltuu kaksoiskaarevien pintojen painamiseen, voisi olla kone, jossa painoväri siirretään painettavan kappaleen pintaan polkupyörän renkaan avulla. Ensin rengas kastetaan painoväriin, minkä jälkeen painoväriä sisältävällä renkaalla rullataan painettavan kappaleen pintaa pitkin. Näin kappaleen pintaan siirtyy painokuvio, joka vastaa muodoltaan renkaan pintaprofilia. Toki renkaana voidaan käyttää myös leveää sylinteriä, jonka pinnalle on kaiverrettu laserilla monimutkaisempi grafiikka. Ongelmaksi tässä tekniikassa kanssa muodostuu kuitenkin painettavan kappaleen geometria. Painoväriä ei pystytä renkaan avulla siirtämään tarkasti painettavan kappaleen kuoppiin tai kohoumiin.

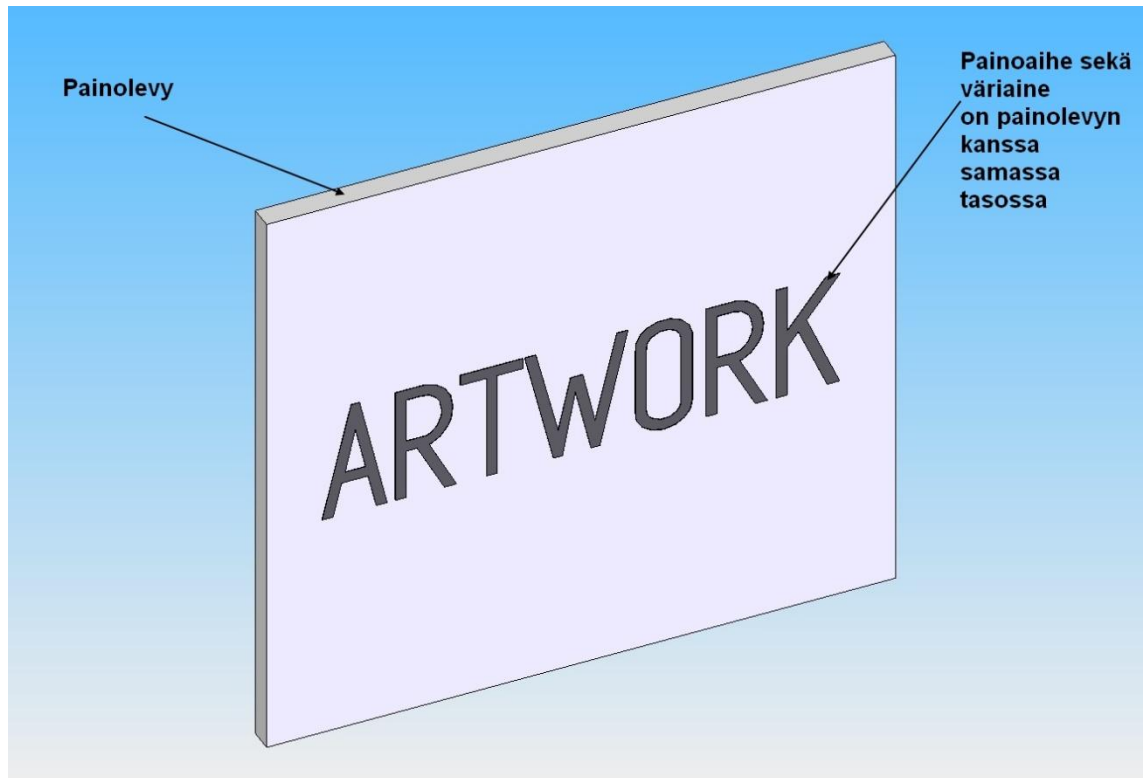


Kuva 7. Flexopainolevy.

7.1.3 Offset (laakapaino, laakaoffset)

Offsetiksi tai laakapainoksi kutsutaan painotekniikkaa, jossa painava ja ei-painava pinta ovat samassa tasossa. Offset on maailman yleisimmin käytetty tekniikka painoteollisuudessa. Offset perustuu painavan ja ei-painavan pinnan erilaisiin pintakemiallisiin ominaisuuksiin. Öljyllä ja vedellä on erilaiset pintajännitykset, minkä ansiosta ne hylkivät toisiaan eivätkä sekoitu keskenään. Offsetissa tätä ilmiötä hyödynnetään käyttämällä öljypohjaisia painovärejä. Offsetissa painolevyn tai -sylinterin pinta kastellaan ensin kostutusvedellä, jolloin vesi leviää painolevyn ei-painaville pinnoille, koska niiden pintajännitys on veden pintajännitystä korkeampi. Painavien pintojen pintajännitys on veden pintajännitystä matalampi, jolloin vesi ei tartu näille pinnoille, vaan jää painavan pinnan päälle helmeilemään. Vastaavan ilmiön voi todeta esimerkiksi vastavahatun auton konepellillä. Kun painoväri levitetään kostutusveden jälkeen painolevyn pinnalle, tarttuu se painaville pinnoille ja syrjäyttää näillä pinnoilla helmeilevän kostutusveden. Painavan pinnan sanotaan olevan oleofiilinen eli öljyä vastaanottava ja ei-painavan hydrofiilinen eli vettä vastaanottava.

Painolevyinä (kuva 8) käytetään yleensä alumiinirunkoisia sylintereitä, jotka on päällystetty valoherkällä kalvolla. Painettava grafiikka siirretään sylinterin pintaan valottamalla kalvoa UV-valolla erinäisin tekniikoin, jolloin painava pinta kovettuu sylinterin pinnalle kalvon polymerisoitumisen ansiosta. Valotuksen jälkeen ei-valottunut kalvo pestään pois painosylinterin pinnalta ja samalla painosylinterin ei-painava alumiinipinta paljastuu kalvon alta. Offsetissa painoväriä ei siirretä suoraan painettavalle pinnalle painosylinteriltä, vaan siirtämiseen käytetään erillistä väritelaa eli useimmiten kumisylinteriä. Kumisylinterin avulla väri puristetaan kappaleen pintaan painonipiksi kutsutussa pisteessä, jossa kumisylinteri ja kappale koskettavat. Offsettekniikka soveltuu hyvin paperien painamiseen, koska paperilla on painoväriä korkeampi pintaenergia, mutta esimerkiksi muovien kohdalla ongelmaksi muodostuu muovien alhainen pintaenergia. Muovien pintaenergiaa voidaan toki nostaa käyttämällä esimerkiksi primäärilakkaa tai käsittelemällä kappaleet sähkövarauksella (koronakäsittely). Offsetkoneiden osalta käytetään myös termejä heatset- ja coldset-koneet. Tällä tarkoitetaan sitä, onko kone varustettu painoväriin kuivattajalla (heatset) vai ei (coldset). (1, s. 47 – 63.)



Kuva 8. Offsetpainolevy.

Offset-tekniikkaa on hankalaa hyödyntää kolmiulotteisille kappaleille. Ongelmaksi muodostuvat esimerkiksi muovikappaleiden kohdalla muovin alhaisempi pintaenergia sekä painoväriin levitystapa kaksoiskaarevalle pinnalle. Todennäköisesti järkevin tapa siirtää painettava grafiikka painolevyn kappaleen pintaan olisi hyvin joustavan kumisyylinterin avulla kuten fleksopainotekniikassakin. Vaarana on kuitenkin painettavan grafiikan liiallinen venyminen ja vääristyminen siirryttäessä tasomaisesta muodosta kolmiulotteiseen sekä muut ongelmat, mitkä myös liittyvät fleksopainotekniikkaan. Kokonaisuudessaan offset-tekniikan soveltaminen kaksoiskaareville pinnoille on varsin monimutkaista eikä järin suositeltavaa.

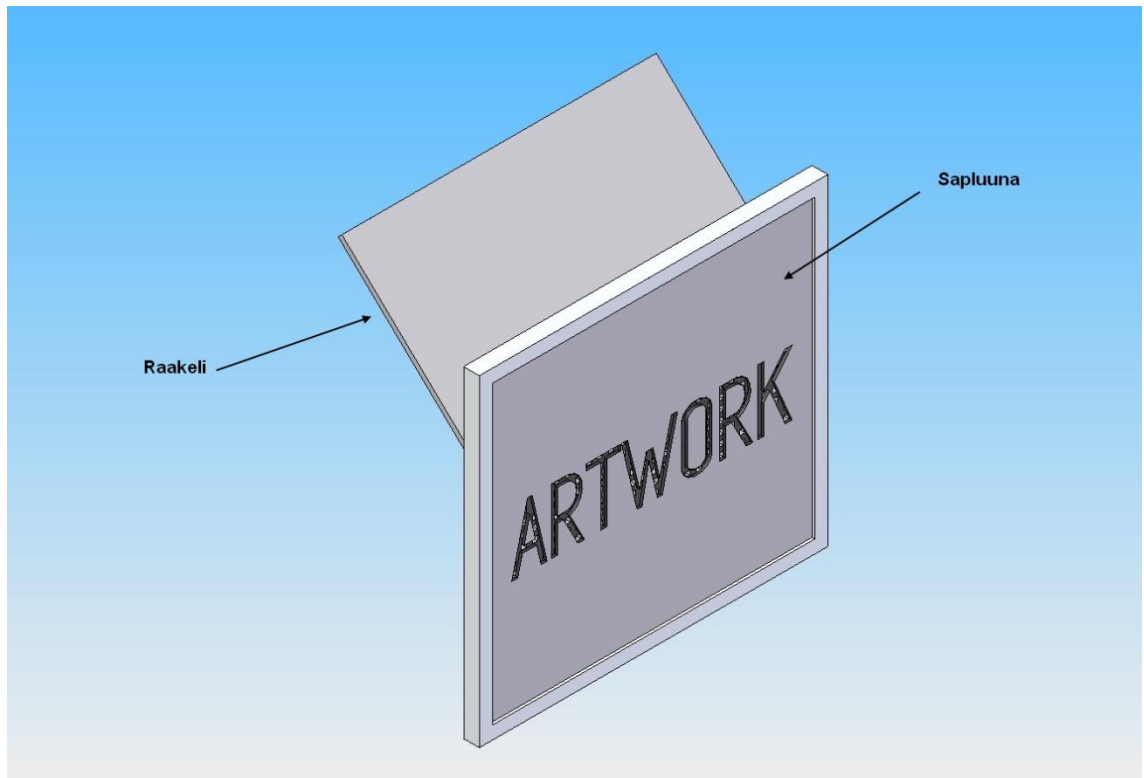
7.1.4 Seripaino (silkkipaino)

Seripaino on yksi monipuolisimmista painomenetelmistä, koska sillä voidaan painaa lähes kaikille materiaaleille. Seripaino tunnetaan myös yleisesti nimellä silkkipaino, koska aiemmin seripainon seulakankaana käytettiin lähinnä silkkikankaita. Nykyisin etupäässä synteettiset materiaalit, kuten polyesteri ja polyamidikankaat, ovat syrjäyttäneet silkin käytön. Seulakankaana voidaan käyttää myös esimerkiksi

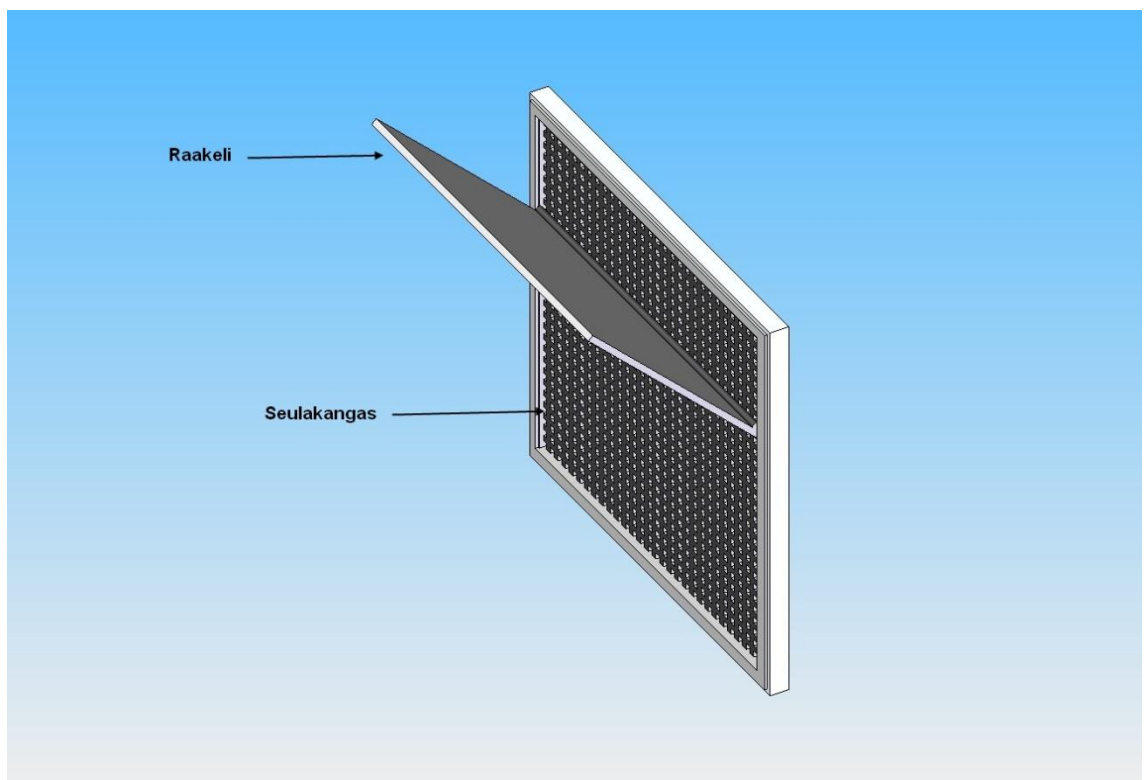
teräslangasta valmistettua seulaa, mikäli seualta haetaan lämmönkestävyyttä ja erittäin tarkkaa mittapysyvyyttä. Seripaino perustuu siihen, että seulakangas läpäisee painoväriä ainoastaan niistä kohdista, joissa seulakangasta ei ole tukittu painokaavion eli sapluunan/stensiilin avulla. Painettavasta painoaiheesta valmistetaan siis ensin painokaavio, joka liitetään seulakankaaseen, ja tämän jälkeen painoväri puristetaan seulakankaan läpi raakelin avulla kappaleen pinnalle.

Seulakankaan tiheys ja langanpaksuus vaikuttavat seripainon tarkkuuteen ja värinsiirto-ominaisuuksiin. Mitä tiheämpää seulakangasta käytetään, sitä tarkemmin painoaiheen yksityiskohdat toistuvat, koska painoaiheen rasteritiheyttä saadaan pienemmäksi. Mitä paksumpia lankoja seulakankaassa käytetään, sitä paksumpi värikerros siirtyy painettavan kappaleen pinnalle, koska paksumpien lankojen väliin "mahtuu" korkeampi värikerros.

Seulakankaaseen liitettävä painokaavio on yksinkertaisimmillaan muotoon leikattu sapluuna (kuva 9), mutta tämä tapa soveltuu vain painoaiheille, jotka ovat geometrialtaan yksinkertaisia. Normaalisti painokaaviot tehdään valotus- tai tulostusmenetelmien avulla. Valotusmenetelmät jaetaan suoraan ja epäsuoraan menetelmään. Suorassa menetelmässä seulakankaan pinnalle levitetään valoherkkä emulsio. Emulsio valotetaan seualle asemoidun positiivifilmin läpi UV-valolla, jolloin ei-painava pinta kovettuu UV-valon vaikutuksesta ja kovettumaton eli painava pinta voidaan huuhdella pois. Suorassa menetelmässä voidaan emulsion sijaan käyttää myös valoherkkiä kalvoja, jotka päällystetään eli kalvotetaan seulakankaan päälle. Myös positiivifilmien käyttö voidaan korvata projisoimalla painoaihe valoherkälle kalvolle. Epäsuorassa menetelmässä painoaihe valotetaan vastaavasti UV-valon avulla valoherkälle kalvolle, mutta kyseinen kalvo siirretään vasta valotuksen jälkeen seulakankaan alapinnalle erityisen kantokalvon avulla. Tulostusmenetelmässä kalvotetun seulakankaan pinnalle tulostetaan mustesuihkutekniikalla painoaihe, joka toimii maskina positiivifilmin tapaan. Tulostettu painokaavio kovetaan UV-valolla, jonka jälkeen painavat pinnat sekä muste pestään pois ennen seulakankaan käyttöönottoa. (1, s. 88 – 91; 6, s. 12 – 55.)



Kuva 9. Seripainon periaate 1.



Kuva 10. Seripainon periaate 2.

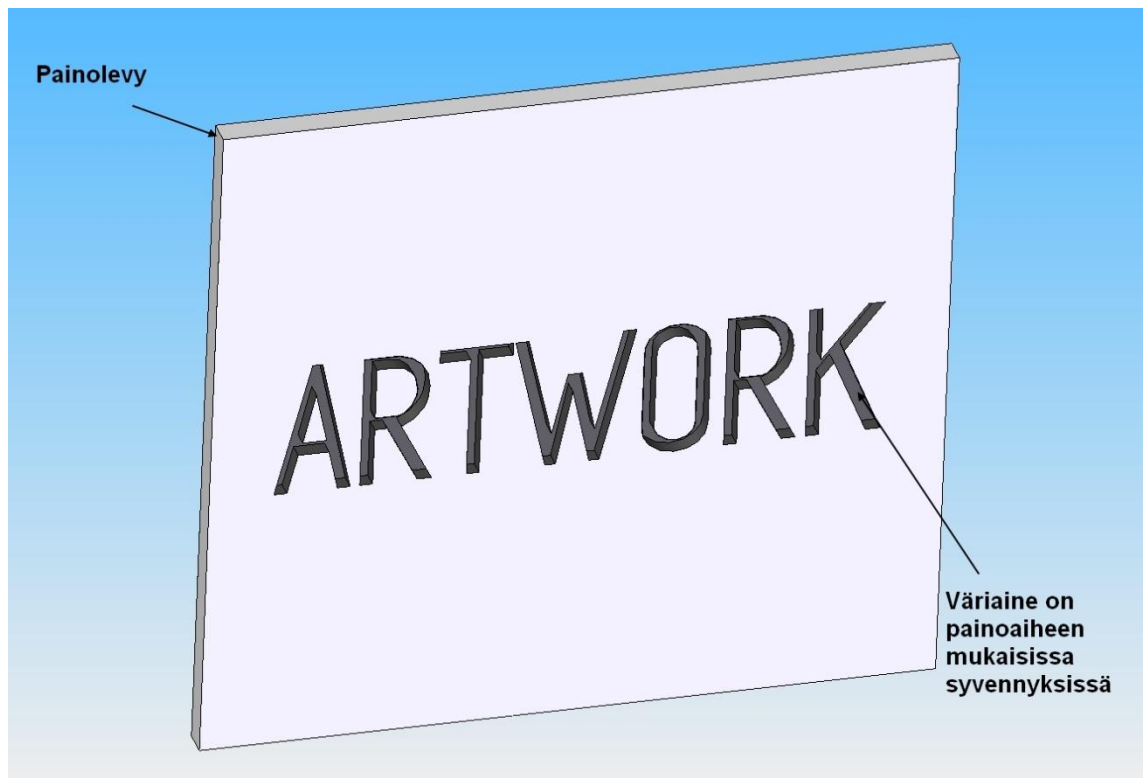
Seripainon soveltuvuus kolmiulotteisten kappaleiden tulostamiseen riippuu tämänkin menetelmän kohdalla hyvin pitkälti kappaleen geometriasta. Yksinkertaistetaan seripainokoneeksi tennismaila, jossa seulakankaan muodostaa tennismailan verkko ja painokehyksen tennismailan runko. Kuvitellaan, että tällä seripainokoneella halutaan painaa kuvio tennispallon pintaan. Tennismailan verkko koostuu jänteistä, jotka jakavat seulakankaan pieniin neliöihin eli rasteripisteisiin. Tukkimalla näitä rasteripisteitä painoaihion vaatimalla tavalla saadaan seulakankaan pinnalle kuviota vastaava painokaavio. Tennismailojen verkot ovat tyypillisesti jännitetty hyvin kireiksi, kuten muutkin seulakankaat. Kireydestä johtuen verkko ei kosketa kuin pientä pinta-alaa tennispallosta, joten tämän seripainokoneen avulla ei pystytä painamaan tennispallon pintaa järkevästi. Mikäli verkko olisi hyvin joustava, tennispallon pintaa pystyttäisiin painamaan suuremmalta pinta-alalta, mutta tällöin myös jänteiden muodostamat rasteripisteet muuttavat muotoaan ja samalla painettava kuvio vääristyy. Jos seripainokone vastaisi enemmän perhoushaavia eli tiheä verkko kietoutuisi helpommin pallomaiselle pinnalle, pystyttäisiin kuvio siirtämään tarkemmin pallon pinnalle. Käytännössä tämänkin menetelmä olisi varsin hankala, jos halutaan laadukasta painojälkeä tämän tyyppisellä erikoisseulalla. Ongelmaksi muodostuu erityisesti eri väristen painokaavioiden asemoiminen kappaleen pinnalle mahdollisimman tarkasti. Yhteenvetona seripaino soveltuu tietyin varauksin loivasti kaksoiskaareville pinnoille, mutta jyrkästi kaarevien pintojen kanssa seripainoa ei ole järkevä käyttää.

7.1.5 Syväpaino

Syväpainossa painava pinta on ei-painavaa pintaa alempana ja toimintaperiaatteena on, että painoväri siirtyy painettavan kappaleen pinnalle painolevyn rasterikupeista. Syväpainon painolevyinä käytetään tavallisesti kuparipintaisia painosylintereitä, joissa painoaihiota vastaavat rasteripisteet on kaiverrettu sylinterin pinnalle painoväriä siirtäviksi rasterikupeiksi, joko syövyttämällä tai työstämällä (kuva 11). Syövytysmenetelmässä sylinteri päällystetään ensin valoherkällä polymeerillä. Tämän jälkeen sylinterin pinta valotetaan positiivifilmin läpi UV-valolla, jolloin ei-painavat pinnat kovettuvat ja painava kuparipinta paljastuu polymeerin alta. Lopuksi rasterikupit luodaan syövyttämällä paljasta kuparipintaa rautakloridin avulla. Työstömenetelmässä rasterikupit voidaan työstää kuparipintaisen painosylinterin pinnalle analogisesti timanttineulan avulla, jolloin kaiverruspää saa ohjausdatansa lukemalla painoaihetta

erillisen lukupään avulla. Vastaavassa digitaalisessa menetelmässä rasterikupit kaiverretaan sylinterin pintaan laserin avulla ja kaiverruspään ohjausdata tuodaan kaiverruspäälle suoraan tietokoneelta digitaalisessa muodossa. Digitaalinen menetelmä on tässäkin tapauksessa syrjäyttänyt analogisen menetelmän lähes kokonaan. Kuparipintaisten painosylintereiden käyttöikää kasvatetaan yleensä kromaamalla painosylinterit.

Painosylinteriä pyöritetään värikaukalossa, jolloin painoväri jää sylinterin rasterikuppeihin. Ylimääräinen painoväri kerätään painosylinterin pinnalta pois raakelin avulla, minkä jälkeen painoväri siirretään painettavan kappaleen pintaan painosylinterin ja puristustelan välissä. Syväpainotekniikassa painolevyt ja -sylinterit ovat joustamattomia, joten niiden käyttäminen kolmiulotteisille pinnoille on hyvin hankalaa. Jos painoväri halutaan siirtää syväpainon tavoin rasterikupeista kolmiulotteisille pinnoille, kannattaa tällöin hyödyntää tampopainotekniikkaa.



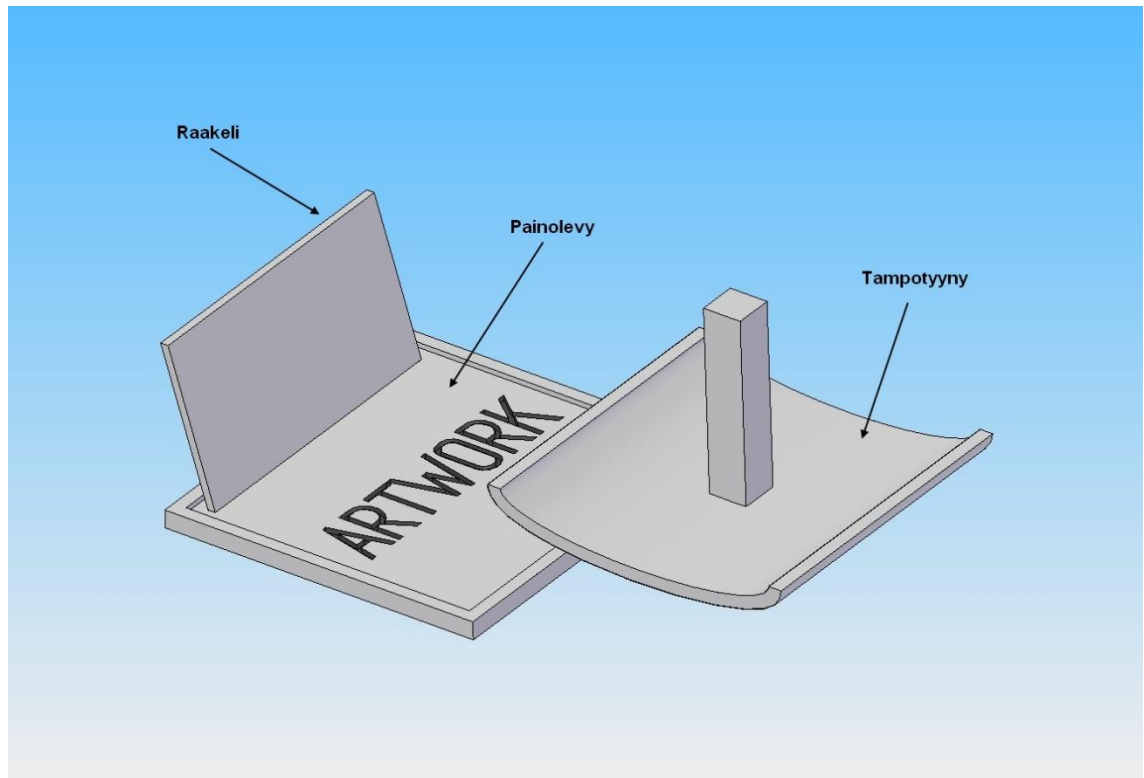
Kuva 11. Syväpainolevy.

7.1.6 Tampopaino

Tampopaino on yksi parhaimmista painomenetelmistä kolmiulotteisille kappaleille. Tampopainotekniikassa painoaihe siirretään painolevyltä painettavalle pinnalle tampotyynyn avulla. Tampopainokoneen painolevyt valmistetaan samaan tapaan kuin syväpainotekniikassakin eli painoaihe joko kaiverretaan tai syövytetään painolevyn pintaan. Kun painoväri levitetään painolevylle, raakeloidaan ylimääräinen väri pois, jolloin siirrettävä painoväri jää vain painoaihion mukaisiin syvennyksiin. Tämän jälkeen painolevyä painetaan tampotyynyllä, jolloin painoväri tarttuu tampotyynyn. Lopuksi painoväri siirretään tyynyltä painettavan kappaleeseen, kun tampotyynyllä painetaan itse kappaletta. Tampotyynyn (kuva 12) tehtävä on siis toimia painoväriin siirtäjänä tampopainokoneessa. Tampotyynyt valmistetaan yleensä silikonista. Silikonilla on erinomainen kyky luovuttaa painoväriä, koska sen pintaenergia on erittäin matala ja näin ollen se myös vastustaa värin imeytymistä.

Tampopainokoneiden värijärjestelmät ovat joko suljettuja tai avoimia. Avoimessa järjestelmässä painoväri on jatkuvasti kosketuksissa ilman kanssa, mutta suljetussa järjestelmässä painovärikaukalo on koteloitu ja painoväri pääsee kosketuksiin ilman kanssa vasta siinä vaiheessa, kun ylimääräinen painoväri on raakeloitu pois painolevyltä. Tampopainossa esiintyy samoja ongelmia kuin offset-tekniikassakin, mikäli painettavan kappaleen pintaenergia on matala. Värin siirtymistä painettavan kappaleen pintaan voidaan kuitenkin kasvattaa tässäkin tapauksessa esimerkiksi koronakäsittelyn tai pohjustusaineiden avulla.

Tampopaino soveltuu fleksopainon tavoin hyvin kolmiulotteisten kappaleiden painamiseen, mikäli painettavat painoaiheet ovat yksinkertaisia ja yksivärisiä. Silikoni on joustava materiaali, ja sen ansiosta tampotyyny muotoutuu hyvin erilaisille pinnoille. Tampopainoa käytetäänkin paljon erilaisten kolmiulotteisten kappaleiden painamiseen. Tampopainon ongelmaksi muodostuu kuitenkin suurien ja monimutkaisien painoaihioiden painaminen. Tasomaiselta painolevyltä siirryttäessä kolmiulotteiselle pinnalle syntyy vääristymiä ja venymiä, mikäli kolmiulotteinen pinta on voimakkaasti kaareva.



Kuva 12. Tamppainon periaate.

7.2 Digitaaliset painotekniikat

Nykyisin lähes kaikki digitaalisiin painotekniikoihin perustuvat laitteet on kehitetty, perinteisten painotekniikoiden tavoin, vain tasomaisten pintojen dekorointiin. Tulevaisuudessa on kuitenkin odotettavissa laitteita, joissa digitaalisia painotekniikoita hyödynnetään myös kolmiulotteisten kappaleiden dekoroinnissa. Esimerkiksi Sveitsissä Bernin ammattikorkeakoulussa on jo kehitetty mustesuihkutulostin, jonka tulostuspää mukailee tulostettavan kappaleen pintaa. Kyseinen tulostin on kuitenkin vielä prototyyppivaiheessa, eikä siitä ole kaupallista versiota.

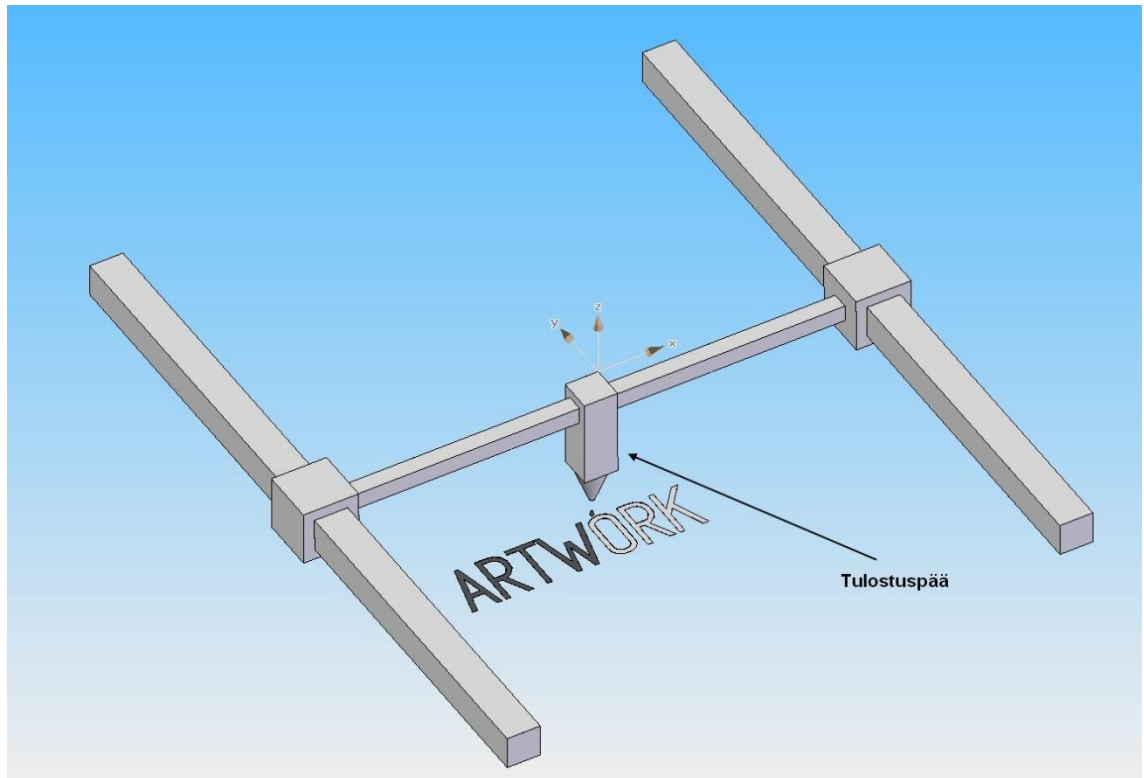
7.2.1 Mustesuihkutulostimet eli Inkjet

Mustesuihkutulostimet perustuvat nimensä mukaisesti mustesuihkuun, jonka avulla haluttu painoaihe siirretään tulostettavan kappaleen pinnalle (kuva 13). Mustesuihkutulostimet voidaan jakaa kahteen ryhmään mustesuihkun muodostumistavan mukaan. Jatkuvaan pisaroitukseen perustuvassa menetelmässä mustesuihku saadaan aikaiseksi jatkuvan ja tasaisen pisaravirran avulla. Kyseistä pisaravirtaa ohjataan tulostimen tulostuspäässä sähkövarausten avulla ja periaattena on, että mustepisarat tippuvat suoraan tulostettavan kappaleen pinnalle, ellei pisaroita poikkeuteta erityisten ohjauslevyjen avulla jätevärisäiliöön. Lopulta mustepisarot ohjataan tulostettavan kappaleen pinnalle tulostuspäätä liikuttamalla.

Epäjatkuaan pisaroitukseen perustuvissa tulostimissa mustepisarot tuotetaan vain kun tulostuspää on tulostettavan pisteen kohdalla. Mustepisaroiden irrottamiseen tulostuspään suuttimesta käytetään kolmea eri tekniikkaa. Elektrostaattisessa menetelmässä mustepisarot irrotetaan suuttimesta sähkökentän avulla. Lämpöenergiaan perustuvissa eli termisissä tai kuplamustetulostimissa mustetta kuumennetaan niin, että se höyrystyessään synnyttää kuplia mustesäiliön sisällä. Muodostuneet kuplat johtavat paineen kasvamiseen säiliön sisällä, minkä ansiosta muste lopulta suihkuu ulos suuttimen läpi. Piettosähköisissä tulostimissa mustesuihku perustuu mustesäiliön tilavuuden pienemiseen, joka aikaansaadaan piettosähköisen ilmiön avulla. (1, s. 98 – 99; 17, s. 8 – 9.)

Mustesuihkutulostimet soveltuisivat erittäin hyvin kolmiulotteisten kappaleiden dekorointiin, mutta ongelmana on ettei markkinoilla ole tulostimia, joissa tulostuspää seuraisi tulostettavan kappaleen pintaa kolmessa dimensiossa. Tyypillisesti mustesuihkutulostimien tulostuspää liikkuu lineaarisesti ja tasotulostimien kohdalla saavutetaan vain XY-koordinaattien mukaiset mustepisteiden asemat. Parhaiten kolmiulotteisten kappaleiden dekorointiin soveltuvat UV-tulostimet, joissa käytetään UV-valon vaikutuksesta kuivuvaa mustetta. UV-tulostimilla muste suihkutetaan usein piettosähköisen tulostuspään avulla suoraan kappaleen pinnalle ja tulostuspään yhteydessä oleva UV-lamppu kuivattaa mustepisarot erittäin nopeasti kappaleeseen kiinni. UV-tulostimilla voidaan tulostaa lähes kaikille materiaaleille, ja musteen pikaisen kuivumisen ansiosta saavutetaan nopeasti tarkka tulostusjälki. Markkinoille on kuitenkin odotettavissa UV-tulostimia, joissa tulostuspään liikemahdollisuuksia on lisätty.

Tulevaisuuden UV-tulostimet saattavatkin olla erittäin varteenotettavia vaihtoehtoja kaksoiskaarevien kappaleiden dekoroinniseen.



Kuva 13. Mustesuihkun periaate.

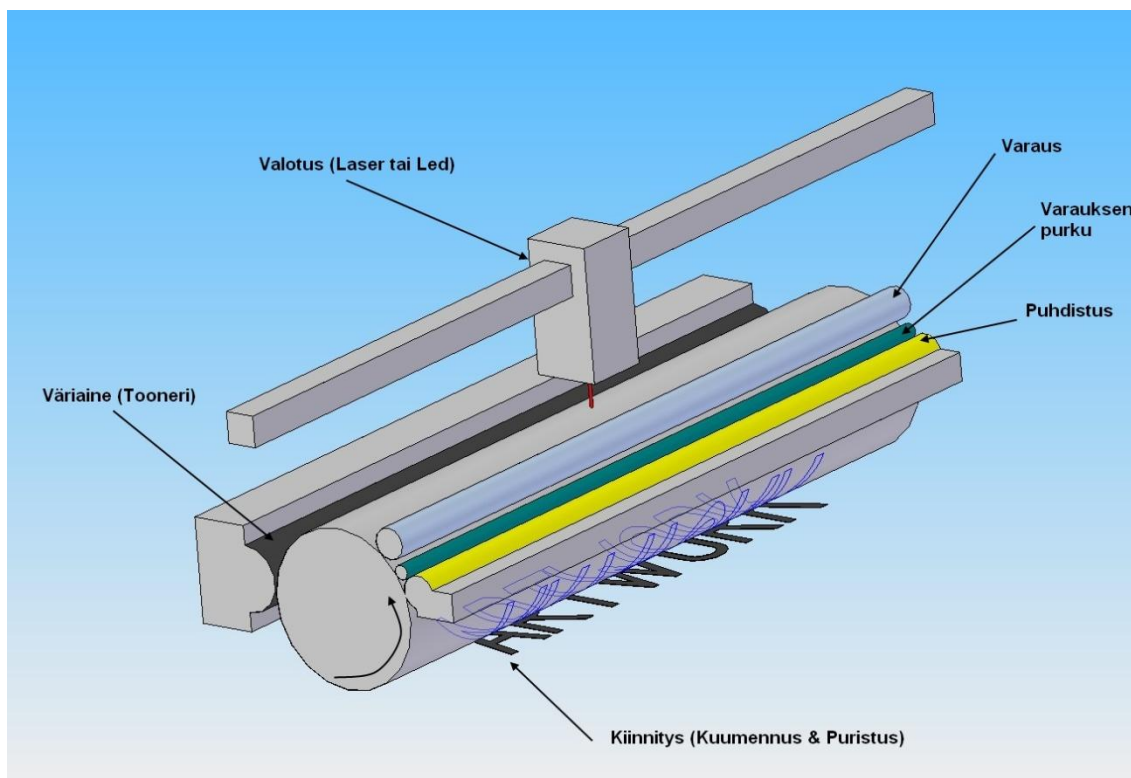
UV-tulostimien etuna voidaan myös pitää niiden käyttämiä vesipohjaisia värejä, jotka sisältävät yleensä liuotinvärejä enemmän pigmenttiä. UV-värein dekoroidut pinnat eivät siis haalene yhtä nopeasti kuin liuotinvärein dekoroidut. UV-värit ovat kuitenkin "kovia" eli ne eivät kestä venytystä tai taivutusta. Uusinta uutta ovat markkinoille juuri tulleet joustavat UV-värit, jotka kestävät paremmin venytystä ja taivutusta.

7.2.2 Elektrofotografia eli xerografia

Elektrofotografia perustuu sähköisten varauskuvioiden avulla luotuihin näkymättömiin eli latenttikuihin. Elektrofotograafinen prosessi alkaa pinnan varaamisella. Varaus voidaan tehdä joko tulostettavan kappaleen tai siirtomedian pinnalle. Siirtomediaa käytetään kuitenkin huomattavasti enemmän ja sitä hyödynnetään lähes kaikissa elektrofotografiaan perustuvissa laitteissa. Siirtomediassa latenttikuva muodostetaan

tyypillisesti fotojohteella päällystetyn kuvarummun pinnalle, josta se lopulta siirretään tulostettavan kappaleen pintaan väriaineen kanssa. (Kuva 14.)

Varaus saadaan aikaiseksi korona-käsittelyllä eli kappaleen pinnan yläpuolella olevaan korona-lankaan johdetaan suuri sähkövirta, jolloin langan ympärillä olevan ilman sähkönjohtokyky kasvaa. Sähkönjohtokyvyn kasvamisen ansiosta ilmassa olevat ionit vaeltavat kappaleen pinnalle ja luovat sille positiivisen varauskentän. Kappaleen tasaista varauskenttää valotetaan laser- tai LED-valojen avulla, jolloin varaus purkautuu valoa saaneilta kohdilta. Varattujen ja purkautuneiden kuvakohtien avulla muodostuu lopulta latenttikuva, johon vastakkaismerkkisesti varatut väriainehiukkaset tarttuvat. Valotusmenetelmien johdosta elektrofotografiset laitteet myös tunnetaan paremmin nimellä laser- ja LED-tulostimet. Lopulta latentti kuva kehitetään näkyväksi, kun varauksiin tarttuneet väriaineet puristetaan ja/tai kuumennetaan kiinni kappaleen pintaan. Elektrofotografian yhteydessä väriaineista käytetään usein nimitystä toneri. Tonerit ovat joko kiinteitä (pulverimaisia) tai nestemäisiä väriaineita. (1, s. 95 – 98; 17, s. 5 – 7.)



Kuva 14. Elektrofotografian periaate.

Kolmiulotteisten kappaleiden dekorointiin soveltuvia laser- tai LED-tulostimia ei ole markkinoilla. Teoriassa elektrofotografiaan perustuvia laitteita voisi hyödyntää myös kaksoiskaarevien pintojen dekoroinniseen, mutta laitteiden tekninen toteutus on haastavaa. Kappaleiden varaaminen olisi todennäköisesti helppoa, mutta varauskuvion luominen kappaleen pintaan vaatisi esimerkiksi kolmidimensioisesti liikkuvaa laservaloa. Lisäksi väriaineen ruiskutus ja kiinnittäminen kaksoiskaarevien kappaleiden pintaan vaatisi monimutkaista tekniikkaa.

7.2.3 Elektrografia

Elektrografia perustuu elektrofotografian tavoin latenttikuvan muodostamiseen kappaleen pinnalle. Elektrofotografiasta poiketen, elektrografiassa painoaiheen mukainen sähköinen varauskuviokuva muodostetaan elektronisäteiden avulla. Tyypillisesti elektrografista menetelmää käytetään kappaleille, joissa on erityinen dielektrinen päällyste. Elektrografisia tulostimia esiintyy lähinnä yksi- ja monivärisessä CAD- ja suurkuvatulostuksessa, jolloin käytetään myös dielektristä erikoispaperia. Kolmiulotteisten kappaleiden dekoroinniseen elektrograafisesti pätevät samat ongelmat kuin elektrofotograafisiin menetelmiin eikä kolmiulotteisille kappaleille suunniteltuja elektrograafisia tulostimia ole markkinoilla. (1, s. 100; 17, s. 5 – 7.)

7.2.4 Ionografia

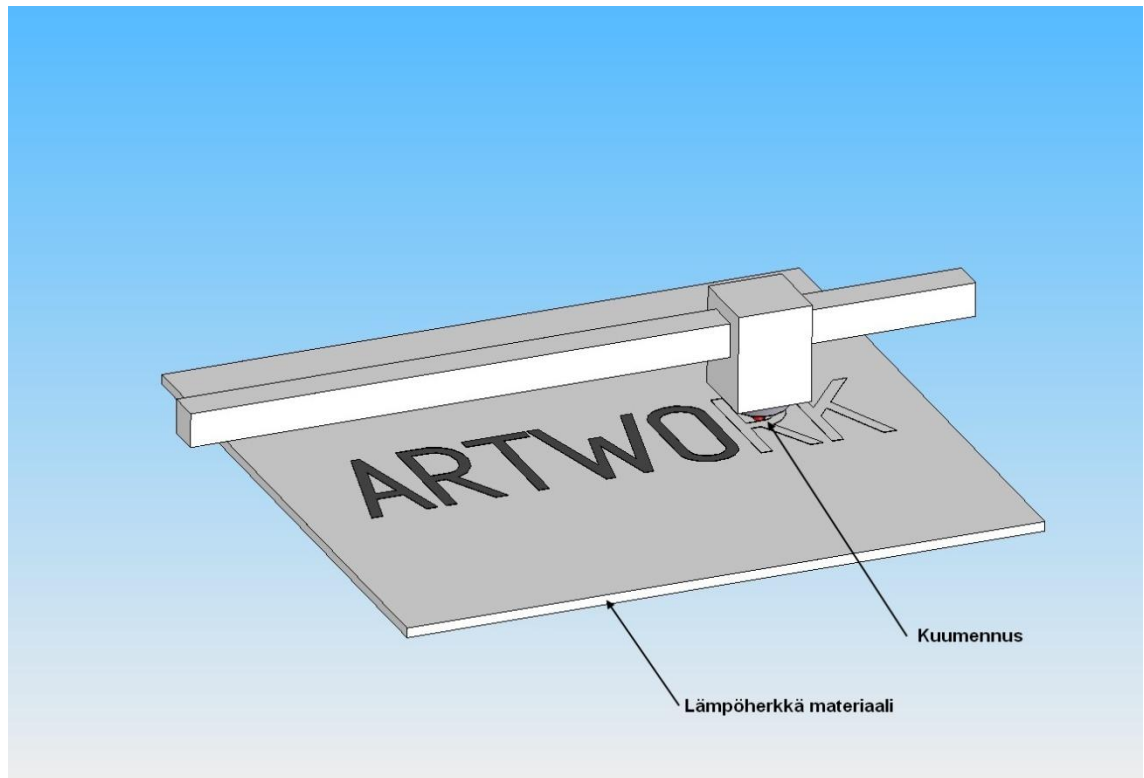
Ionografiassa latenttikuva muodostetaan dielektriselle kuvarummulle sähköisesti varautuneiden ionien avulla. Ionit ovat sähköisesti varautuneita atomeita, ja ne syntyvät, kun sähköisesti neutraalin atomin elektroniverho luovuttaa tai vastaanottaa yhden tai useamman elektronin. Ionien aikaansaaman varauksen ansiosta väriaine kiinnittyy kuvarummulle, josta se siirretään painettavan kappaleen pinnalle. Ionografia ei ole kehittynyt yhtä hyvälle tasolle kuin muut digitaaliset painotekniikat, vaikka se on tunnettu lähes yhtä kauan kuin elektrofotografia. Ionografisia tulostimia ei ole kolmiulotteisille kappaleille, ja ionografiaa ei myöskään ole järkevää soveltaa kaksoiskaarevien pintojen dekoroinnissa. (1, s. 100; 17, s. 7 – 8.)

7.2.5 Magnetografia

Magnetografiassa latenttikuva muodostetaan magnetoituvalle metallirummulle. Magneettinen väriaine kiinnittyy metallirummun pintaan latenttikuvan mukaisesti, ja lopulta väri siirtyy kappaleen pintaan rummun ja kappaleen välisen puristusvoiman ansiosta. Magnetografiassa latenttikuvaa ei tarvitse muodostaa aina uudelleen, sillä metallirummulle magnetoitua latenttikuvaa voidaan käyttää noin tuhanteen painatukseen. Magnetografiaa käytetään muun muassa nopeissa yksiväritulostimissa, esimerkiksi osoitetietojen painamiseen offset-painolinjojen yhteydessä. Magnetografiasta ei ole kehitetty käytännön sovelluksia kolmiulotteisille kappaleille. (1, s. 100; 17, s. 8.)

7.2.6 Termografia

Termografia perustuu lämpöenergian avulla luotuihin kuviin. Termografia voidaan jakaa kahteen eri menetelmään. Suorassa termografiassa painoaiheen mukainen kuva muodostetaan lämpöherkällä materiaalilla päällystetyn kappaleen pinnalle kuumentamalla kappaletta painoaiheen mukaisista kohdista. Kuumennuksen ansiosta päällyste muuttaa väriänsä joko olomuotomuutoksen tai kemiallisen reaktion takia (kuva 15). Suoraa termografiaa on hankala soveltaa kolmiulotteisille pinnoille ja sitä käytetäänkin tyypillisesti vain yksiväritulostuksessa, esimerkiksi viivakoodilla varustettujen tarrojen tulostamiseen.

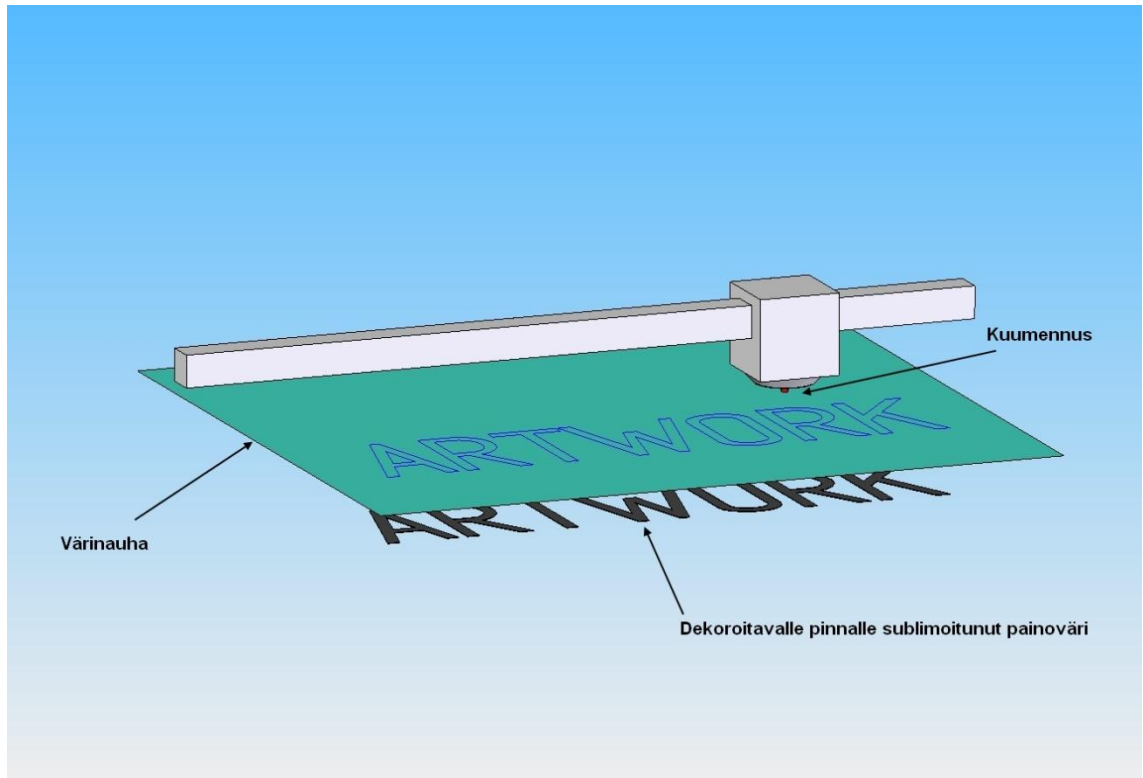


Kuva 15. Suoran termografian periaate.

Epäsuorassa termografiassa painoiheen mukainen kuva muodostetaan kappaleen pinnalle sublimaation avulla. Erillisellä kantokalvolla tai värinauhalla oleva väri kuumennetaan painoiheen mukaisista kohdista, jolloin väriaine sublimoituu. Sublimoitumisen jälkeen väriaine siirtyy dekoroitavaan pintaan härmistymällä. On myös tavallista, että väriaine tunkeutuu sublimaatioprosessissa dekoroitavan pinnan sisälle. Väriaineen olomuoto vaihtelee siis kiinteään ja kaasun välillä, eikä väriaine ole missään vaiheessa nestemäisessä olomuodossa. Tyypillisessä sublimaatiotulostimessa kiertää peräkkäin neljä värinauhaa ja CMYK-värit sublimoidaan yksitellen dekoroitavalle pinnalle (kuva 16). Värinauhojen käytössä piilee myös tietoturvariski, sillä jokaisen tulostetun kuvan ”osavärihaamut” jäävät värinauhalle. Arkaluontoisten painoiheiden kohdalla värinauhat kannattaakin hävittää käytön jälkeen.

Sublimaatiotulostimien näennäisen alhaisia tarkkuuslukuja ei voida verrata mustesuihkutulostimiin, sillä sublimaatiotulostimissa jokaisella pikselillä on värisävy. Mustesuihkutulostimissa värisävyt muodostetaan vierä vierä sijoitetuilla mustepisteillä. Teoriassa sublimaatiotulostimet soveltuisivat erittäin hyvin kolmiulotteisten pintojen dekoroinniseen, mikäli tulostimen väriaineen kantokalvot ja

tulostimen lämpöelementti pystyisivät muokkautumaan kolmiulotteisille pinnoille. Käytännössä kaikki markkinoilla olevat sublimaatiotulostimet on kuitenkin rakennettu tasomaisille pinnoille (kalvoille sekä papereille) ja niitä käytetään paljon muun muassa valokuvien tulostamiseen. (1, s. 100; 17, s. 9 – 10.)



Kuva 16. Epäsuoran termografian periaate.

7.2.7 Elkografia

Elkografia on vielä suhteellisen harvinainen tekniikka. Elkografiassa latenttikuva muodostetaan nestemäiseen väriaineeseen sähkövirran avulla. Väriaine saostetaan eli koaguloidaan painoaiheen mukaisesti sähköpulslien avulla. Ympäriille jäänyt väriaine kerätään pois värikiertoon raakeloinin avulla ja lopulta saostunut väriaine siirretään painoalustalle. Elkografiasta ei ole sovelluksia kolmiulotteisille kappaleille ja elkografiaan perustuvia painokoneita on myös vain muutamia maailmassa. (1, s. 100.) Tekniikan kehittäneet Elcorsy Technology Inc. ja Epsimage Inc. ovat kuitenkin poistaneet www-sivunsa, joten todennäköisesti elkografian kehitystyö on keskeytynyt (25).

7.3 Kuvansiirtotekniikat

Kuvansiirtotekniikoilla tarkoitetaan dekorointimenetelmiä, joissa kappaleiden dekorointi toteutetaan erillisen siirtomedian kautta. Verrattuna painoteknisiin menetelmiin, kuvansiirtotekniikoiden suurimpana etuna on, että vain siirrettävän median täytyy muovautua dekoroitavan kappaleen pinnalle. Siirtomediana voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia kuvansiirtokalvoja, jolloin kalvon tasomaiseen pintaan voidaan painaa tai tulostaa haluttu painoaihe useilla eri menetelmillä. Kuvansiirtotekniikoiden heikkoutena on painoaiheen vääristymät, kun siirrytään tasomaisesta siirtomediasta kolmiulotteisen kappaleen pintaan. Kuvansiirtotekniikat voidaan jakaa siirtomedian toimintatavan mukaan kahteen eri menetelmään. Siirtomedia voi jäädä pysyvästi dekoroitavan kappaleen pintaan tai vaihtoehtoisesti siirtomedia toimii vain väriaineen siirtäjänä. Pysyviä siirtomedioita ovat esimerkiksi tarrat ja väriaineen siirtäjiä erilaiset kalvot, joiden pinnalle väriaine on väliaikaisesti tarttunut.

7.3.1 In Mold -tekniikat

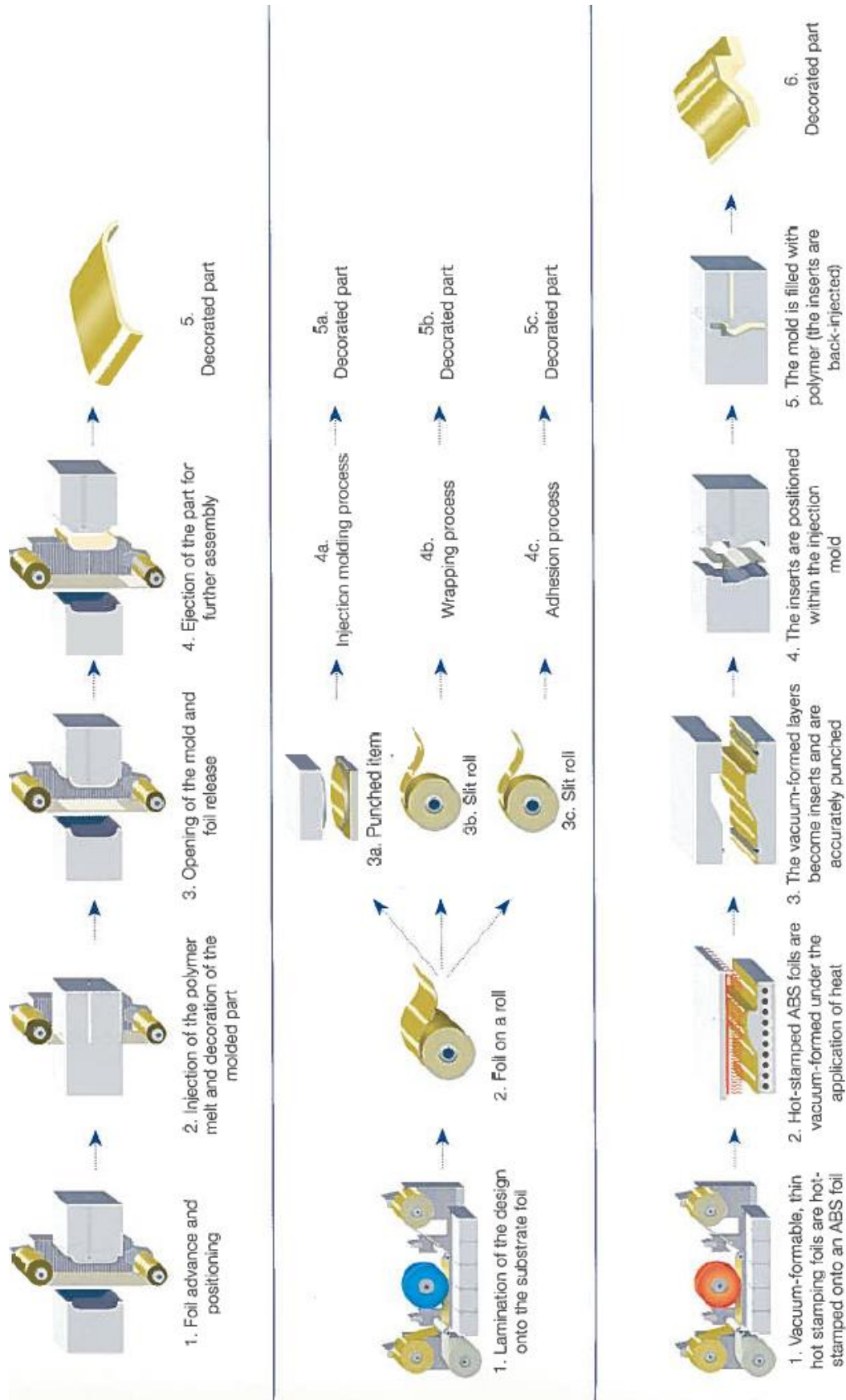
In Mold -tekniikoilla tarkoitetaan muovituotteiden dekorointimenetelmiä, joissa tuotteiden dekorointi tapahtuu tuotteen valun tai ruiskupuristuksen yhteydessä. In Mold-tekniikoita ovat mm. In Mold Decoration (IMD) ja In Mold Labeling (IML). IMD-tekniikalla viitataan tyypillisesti käyttötavaroiden esimerkiksi lelujen ja urheiluvälineiden dekorointiin ja IML-tekniikalla pakkausten esimerkiksi jogurttipurkkien dekorointiin. Molemmissa menetelmissä painoaiheen mukainen kuva irrotetaan kantokalvolta sulan muovimassan tuottaman lämmön avulla. Sula muovimassa aktivoi kantokalvolla olevan kuumaliiman, ja sen ansiosta kalvolla oleva painoväri kiinnittyy valetun kappaleen pintaan. Kantokalvo ei jää kiinni tuotteeseen.

Insert Molding- ja Film Insert -tekniikoilla tarkoitetaan menetelmiä, joissa valmiiksi painettu ja tuotteen lopulliseen muotoon tyhjiömuovattu muovilevy tai -kalvo kiinnitetään muovituotteeseen valun tai ruiskupuristuksen yhteydessä. Valuprosessin aikana sulan muovimassan aiheuttama lämpö sulattaa tyhjiömuovattua muovilevyn tai -kalvon osaksi lopputuotetta. In Mold -tekniikat soveltuvat hyvin kolmiulotteisten muovikappaleiden dekorointiin, mutta tuotteiden prototyyppivaiheessa niiden käyttö on turhan kallista, sillä In Mold -tekniikat on kehitetty sarjatuotannon tarpeisiin. Näitä tekniikoita ei voida hyödyntää järkevästi myöskään jo olemassa oleville tuotteille tai

muusta kuin muovista valmistetuille tuotteille. Koska In Mold -tekniikat perustuvat muotissa tapahtuvaan dekorointiin, muottien geometria, esimerkiksi päästökulmat, asettavat rajoitteita dekoroitavan kappaleen muodolle. In Mold -tekniikoiden avulla ei myöskään pystytä dekoroimaan kappaletta kauttaaltaan ilman monia välivaiheita. (12; 13.) (Kuvat 17 ja 18.)

Decoration process	Decoration steps	Required equipment	Design type	Decoration depth	Special features
Hot Stamping Roll-on/Vertical	1 step	Die, machine	Continuous designs, single-image designs	Flat parts, slight curvature	Cost-effective and simple technical process
IMD/IMD-Pro	1 step	Foil feeding unit	Continuous designs, single-image designs	Slight to medium 3D deformation	Very precise transfer
MULTITECC Laminates	1 step	Wrapping: Wrapping machine; In mold labeling: label punching and positioning unit	Continuous designs, single-image designs	Wrapping: 2D In mold labeling: 2D, slight 3D deformation	Wrapping: fast processing (of-line) In mold labeling: higher yield due to inline handling
Insert Molding	3 step	Deep-drawing die, punching tool	Continuous design	Very high 3D deformation	Partial decoration possible, suitable for large surfaces

Kuva 17. Taulukko The Kurz Groupin dekorointiprosesseista (13, s. 13).

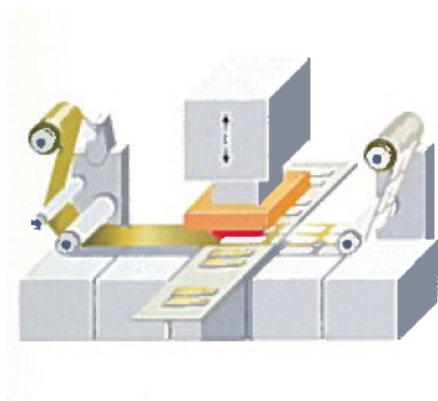


Kuva 18. The Kurz Groupin periaatekuvat IMD (vasen), MULTITECC Laminates (keskellä), Insert Molding -tekniikoista (oikea) (13, s. 13).

7.3.2 Kuumapainotekniikat

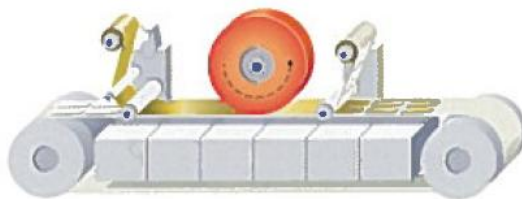
Kuumapainotekniikat perustuvat lämmön avulla tapahtuvaan kuvansiirtoon. Kuumapainossa painoaihe on painettu erityiselle kantokalvolle. Kantokalvo on yleensä polyesteriä, jonka pinnalla on irrotusvaha. Vahan päälle on levitetty suojalakka ja lakan päälle on painettu, yleensä syvä- tai seripainolla, haluttu painoaihe. Kantokalvon päällimmäinen kerros on kuumaliimaa. Kun kuumennetulla painolaatalla painetaan kantokalvo kiinni kappaleeseen, niin kuumaliima aktivoituu ja kiinnittää painoaiheen painoväreineen kappaleeseen. Painamisen aikana myös irrotusvaha sulaa ja lopulta painoaihe jää kappaleen pintaan suojalakan peittämänä, kun kantokalvo ja painolevy irrotetaan. (Kuva 19.)

Kuumapainotekniikka soveltuu hyvin kolmiulotteisten kappaleiden painamiseen, mutta painolevyn on muovauduttava painettavan kappaleen pinnalle. Monimutkaisen muotoisille kappaleille tehdäänkin yleensä muotinkaltainen painolevy esimerkiksi silikonista. Kuumapainotekniikan ongelmaksi muodostuvat painoaiheen vääristymät siirryttäessä tasomaisesta kantokalvosta kaksoiskaarevaan pintaan, mutta muutoin kuumapainotekniikan avulla saadaan dekoroitua varsin hyvin kolmiulotteisia kappaleita. (13; 14; 15.)



Vertical stamping

In the vertical stamping process, the design is transferred onto the substrate by means of a heated stamping die in a continuous up and down movement. The shape of the die determines the shape of the stamped design in this process.



Roll-on process

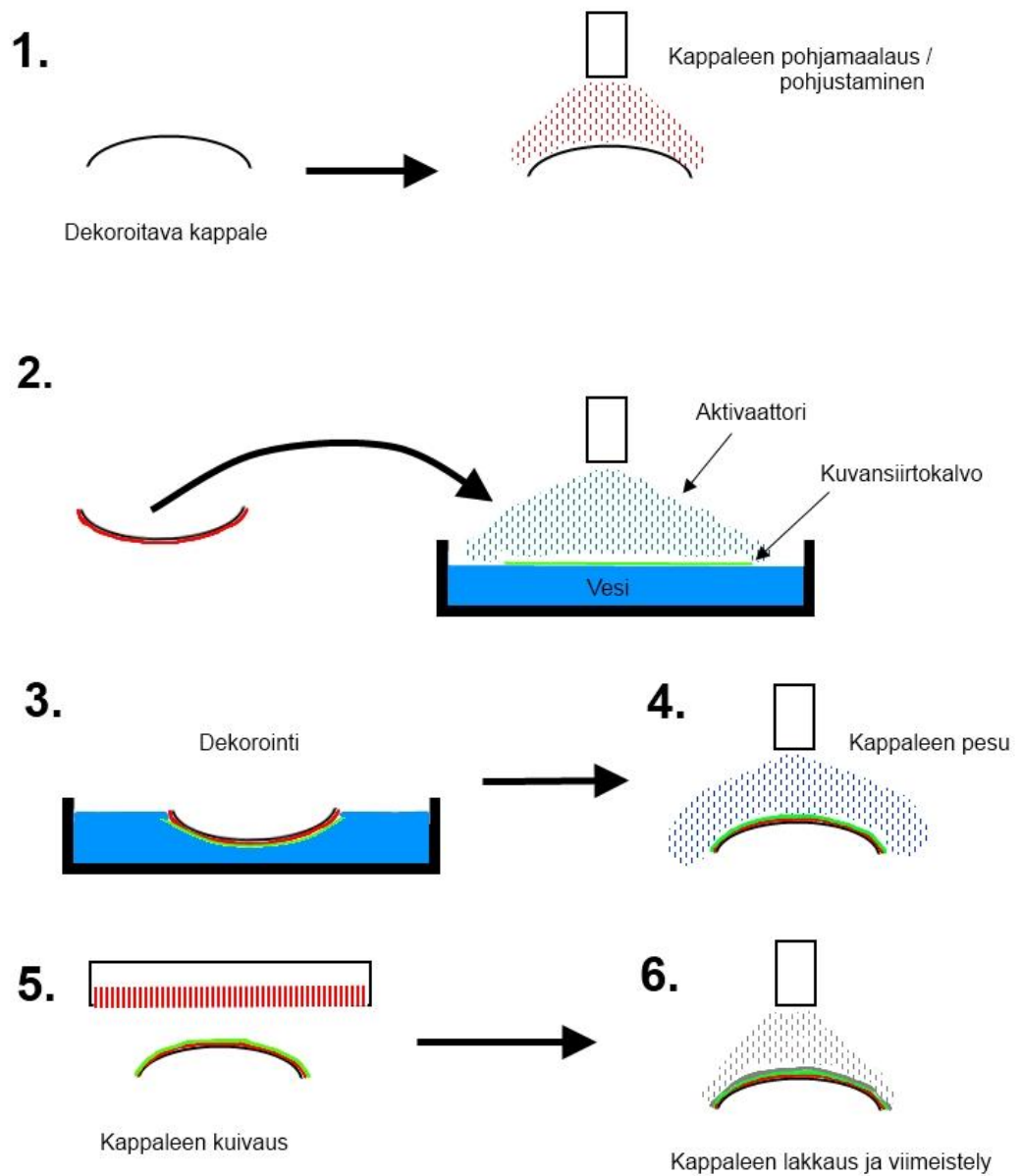
In this case a heated stamping wheel in the stamping or transfer process activates the release layer and adhesive layer through the application of heat. In a continuous unrolling movement, pressure is used to permanently transfer the design onto the moving substrate below it.

Kuva 19. The Kurz Groupin periaatekuvat kuumapainotekniikoista (13, s. 13).

7.3.3 Hydrografinen painaminen

Hydrografisessa painamisessa (Hydrographics printing, Water transfer printing) hyödynnetään kuvansiirtämiseen veden pintajännitystä. Haluttu painoaihe tulostetaan ohuelle kuvansiirtokalvolle ja kuvansiirtokalvo asetetaan veden pinnalle kellumaan. Käytettävät väriaineet eivät voi olla vesiliukoisia. Kalvon kelluessa vesialtaassa sen päälle ruiskutetaan aktivaattoria, joka liuottaa kalvon veteen. Veden pintajännityksen ansiosta painoaiheen mukaiset painovärit jäävät kellumaan veden pinnalle. Kun dekoitava kappale upotetaan kelluvan painoväriin läpi vesialtaaseen, niin painovärit tarttuvat kappaleen pintaan. Upotuksen jälkeen kappale pestään ja yleensä vielä jälkikäsitellään esimerkiksi lakkaamalla, jotta saavutetaan kestävä ja näyttävä lopputulos. (Kuva 20.)

Hydrograafinen painaminen soveltuu erinomaisesti kolmiulotteisille kappaleille, sillä veden pintajännityksen ansiosta väriaine kiinnittyy tasaisesti monimutkaisillekin muodoille. Hydrograafisen painamisen ongelmia ovat kuitenkin painoaiheen tarkka asemointi dekoitavan kappaleen pinnalle sekä painoaiheen venyminen. (16; 24.)



Kuva 20. Hydrograafisen painamisen periaate.

7.3.4 Yliteippaaminen (Wrapping)

Yliteippaamisella tarkoitetaan dekorointimenetelmiä, jossa painettuja tai tulostettuja kalvoja kiinnitetään dekoroitavien kappaleiden pintaan. Yliteippaessa kalvosta tulee osa dekoroitavaa kappaletta, eikä painoväri siirry kalvolta kappaleeseen. Kalvojen materiaaleina käytetään muun muassa valu-pvc:tä tai vinyyliä. Kalvoja kutsutaan yleisesti myös tarroiksi tai teipeiksi.

Yliteippaaminen on suosittu menetelmä etenkin autojen dekoroinnissa, ja se on paikoin jopa syrjäyttänyt autojen maalaamisen. Laminoinnin ansiosta teipit kestävät kulutusta erittäin hyvin ja valmistajat lupaavat teipeilleen useiden vuosien takuun. Yliteippaaminen soveltuu hyvin myös kaksoiskaareviin muotoihin. Ongelmia syntyy kuitenkin, jos dekoroitava pinta on pieni. Laskettelukupärä voidaan vielä yliteipata, mutta kypärää pienempien pintojen ja kappaleiden teippaaminen on haastavaa. Yliteippaamisen suurimpia etuja ovat, että pintojen dekorointia voidaan muuttaa helposti teippiä vaihtamalla ja itse teippiä voidaan dekoroida niin perinteisin kuin digitaalisinkin painomenetelmin.

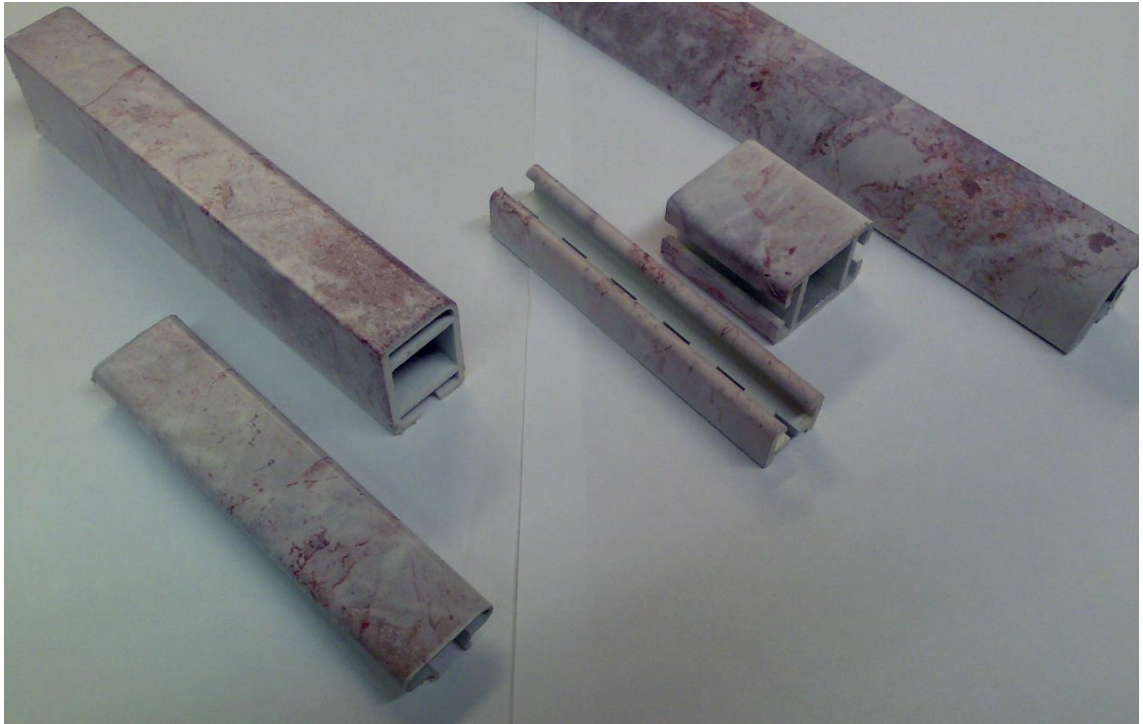
7.3.5 Digipinnoitus

Lohjalainen Dekotel Coating Oy on kehittänyt Digital Coating System menetelmän, joka perustuu korkeaan lämpötilaan ja paineeseen. Menetelmässä väripigmentit upotetaan dekoroitavien pintojen sisälle eli dekorointi on erittäin kestävä verrattuna muihin dekorointimenetelmiin, joissa väripigmentit ovat dekoroidun pinnan päällä ja näin alttiina kulutukselle. Ollessaan pinnan sisällä, väripigmentit ovat myös suojassa esimerkiksi UV-säteilyltä. Menetelmä on useiden vuosien kehitystyön tulos ja tarkemmat tekniset tiedot menetelmästä kuuluvat liikesalaisuuden alle. (9; 20.) (Kuvat 21 - 23.)

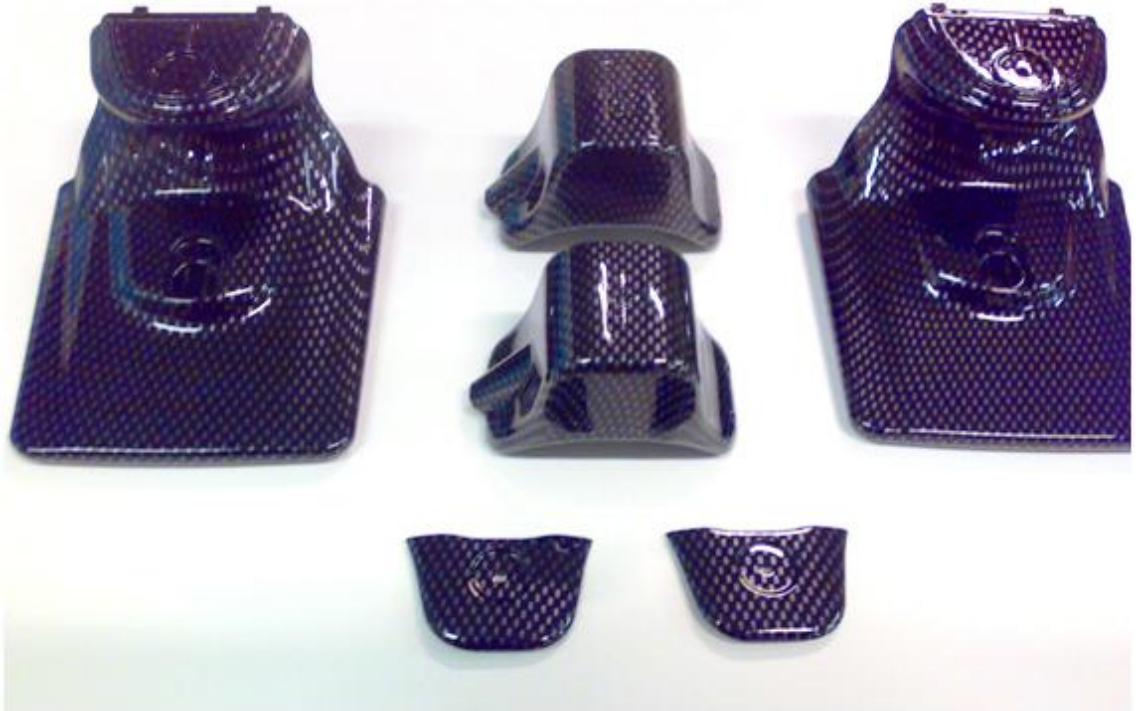
Digipinnoituksen avulla voidaan dekoroida lämpöä ja painetta kestäviä materiaaleja esimerkiksi metalleja, keramiikkaa ja joitain muoveja. Menetelmä soveltuu monen tyyppisille pinnoille, ja esimerkiksi kaksoiskaarevat pinnat on mahdollista dekoroida digipinnoituksen avulla.



Kuva 21. Dekotel Oy:n digipinnoitus esimerkki 1 (9).



Kuva 22. Dekotel Oy:n digipinnoitus esimerkki 2 (9).



Kuva 23. Dekotel Oy:n digipinnoitus esimerkki 3 (9).

7.3.6 Dekoroiminen laser-tulosteella

Internetin askartelufoorumeilla on ollut ohjeita yksinkertaisesta menetelmästä, joka soveltuu hyvin kotikäyttöön. Tässä menetelmässä haluttu painoaihe on ensin tulostettu laser-tulostimen avulla tavalliselle A4-kopiopaperille. Menetelmässä käytetään laser-tulostinta, koska tulostimen väriaineena on jauhemainen toneri, joka ei ole imeytynyt kopiopaperiin nestemäisen mustesuihkutulostimen tavoin. Tämän jälkeen dekoroitavan pinnan päälle levitetään Gel Mediumina parhaiten tunnettu akryylipohjainen geeli. Seuraavaksi tulostettu painoaihe siirretään geelin päälle ja annetaan kuivua. Geeli toimii dekorointiprosessissa aktivaattorina, joka liimaa tonerin kiinni dekoroitavalle pinnalle. Kun geeli on kokonaan kuivunut, kastellaan tulostettu paperi, jolloin kastunut paperi voidaan raaputtaa helposti pois dekoroitavalta pinnalta. Lopulta paperille tulostettu painoaihe on siirtynyt dekoroitavalle pinnalle. Dekoroinnin lopputulosta ja kestävyyttä voidaan parantaa esimerkiksi lakan avulla. (22.)

Menetelmä soveltuu hyvin tasomaisille ja yhteen suuntaan kaareville pinnoille, mutta kaksoiskaarevien pintojen kohdalla paperin kiinnittyminen on haastavaa. Menetelmän peruseriaatetta voidaan hyödyntää myös muiden menetelmien kohdalla eli tasomaiselle pinnalle siirretty (jauhemainen) väriaine siirretään kantokalvolta edelleen dekoroitavalle pinnalle erillisen liiman avulla.

7.3.7 Dekoroiminen sublimaatiokalvoilla

Sublimaatiokalvojen avulla tapahtuva dekorointi perustuu kantokalvolle tulostettuun painoaiheeseen. Kantokalvo toimii dekorointiprosessissa siirtomediana, ja painoaiheen mukainen kuva siirretään dekoroitavalle pinnalle sublimaatioprosessin aikana eli kantokalvo liitetään dekoroitavan pinnan päälle ja kun kalvoa kuumennetaan, sublimoituu väriaine kantokalvolta dekoroitavalle pinnalle. Sublimaatiokalvoja käytetään esimerkiksi tekstiilien dekoroinnissa. Tässä prosessissa sublimaatiokalvo asetetaan dekoroitavan tekstiilin pinnalle ja kun kalvoa kuumennetaan silitysraudan avulla, niin väriaine sublimoituu tekstiilin sisälle. (Kuvat 24 ja 25.)

Sublimaatiokalvojen avulla voidaan dekoroida myös kolmiulotteisia pintoja erittäin hyvin. Esimerkiksi ICI Imagedatan kehittämä Pictaflex-tekniikka soveltuu monia menetelmiä paremmin myös kaksoiskaareville pinnoille. Tekniikka perustuu erikoiskäsiteltyyn polyesterikalvoon, jolle on tulostettu erityisellä mustesuihkutulostimella halutun kaltainen painoaihe sublimaatiovärein. Painoaihe liitetään dekoroitavaan pintaan Pictaflex-koneessa, jossa yhdistetään uunin ja tyhjiöimurin ominaisuuksia. Dekorointiprosessissa kalvo esilämmitetään notkeaksi, minkä jälkeen koneeseen luodaan tyhjiö tyhjiöimurin avulla. Tämän jälkeen esilämmitetty kalvo lasketaan dekoroitavalle pinnalle ja tyhjiön ansiosta se kietoutuu dekoroitavalle pinnalle, pintaa mukailleen. Kun kalvo on muotoutunut dekoroitavalle pinnalle, kuumennetaan kalvoa lisää, jolloin painoaihe sublimoituu dekoroitavaan pinnan sisään. Lopuksi kalvo jäädytetään ja poistetaan dekoroitavalta pinnalta. (23.)



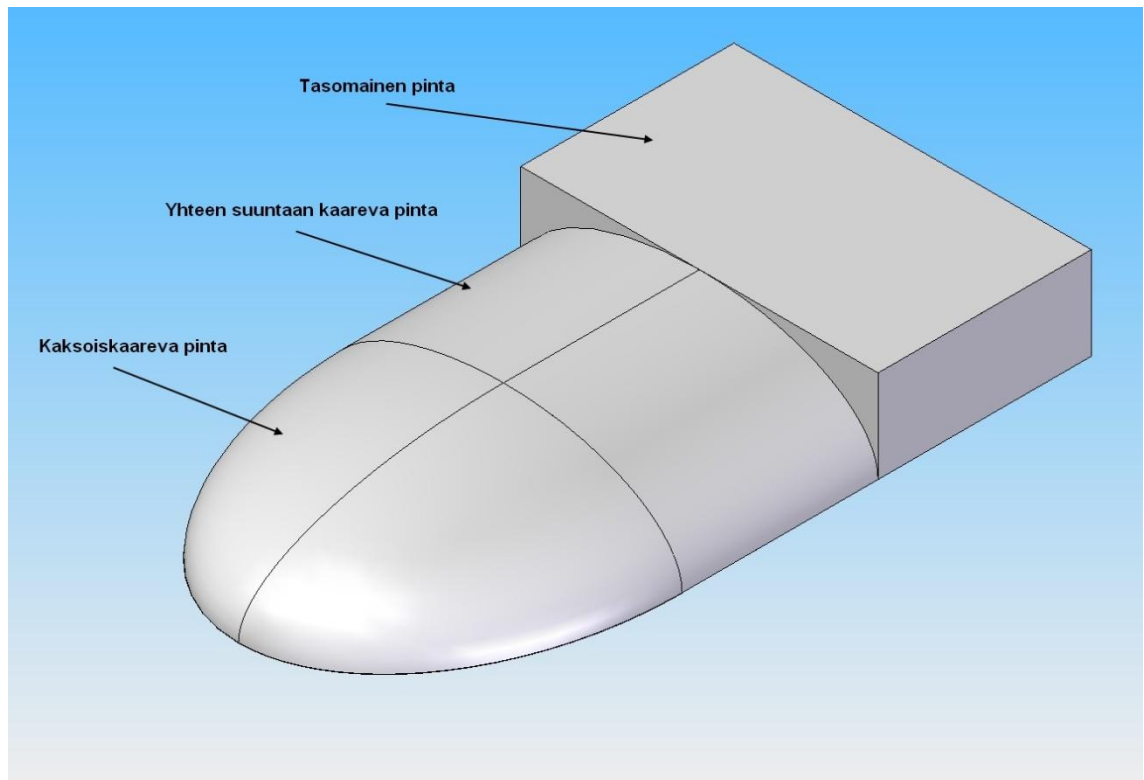
Kuva 24. Sublimaatiokalvolla dekoroitu puhelimenkuori yläpuolelta.



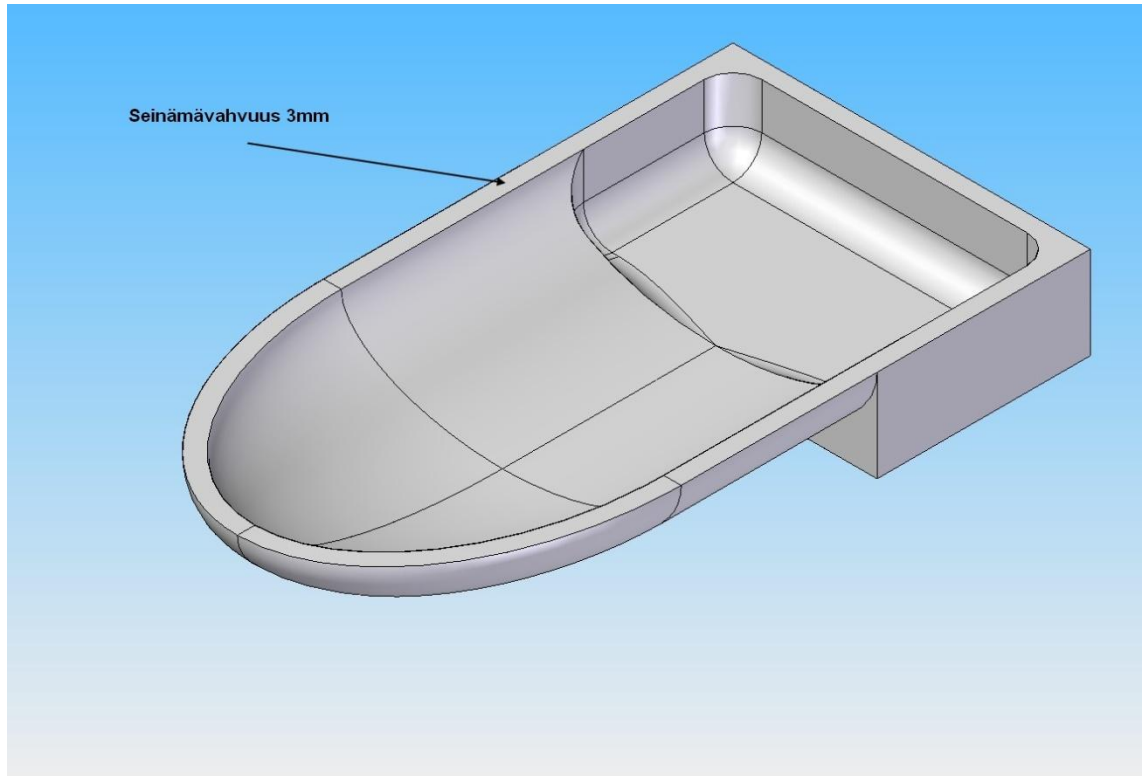
Kuva 25. Sublimaatiokalvolla dekoroitu puhelimenkuori alapuolelta.

8 Dekorointimenetelmien testaus ja vertailu

Dekorointimenetelmien testausta varten mallinnettiin erityinen testikappale (kuvat 26 ja 27), jonka pohjalta tulostettiin kymmenen muovista testikappaletta Metropolia Ammattikorkeakoulun Dimension SST 3D-tulostimella. Tulosteiden materiaalina on ABS-muovi.



Kuva 26. Testikappaleen 3D-piirros (yläpuoli).



Kuva 27. Testikappaleen 3D-piirros (alapuoli).

Testikappale jakaantuu kolmeen erilaiseen pinnanmuotoon, joiden tarkoituksena on testata, miten eri dekorointimenetelmät toimivat tasomaisilla, yhteen suuntaan sekä kaksoiskaarevilla pinnoilla. Testikappaletta dekoroidaan molemmilta puolilta, joten eri menetelmien sopivuus selviää niin koverille kuin kuperillekin pinnoille. Yhteen suuntaan sekä kaksoiskaarevat pinnat on mallinnettu ellipsin muotoisen poikkileikkauksen avulla eli pinnan kaarevuus vaihtelee testikappaleessa. Testikappaleen tekniset piirustukset löytyvät liitteestä 1.

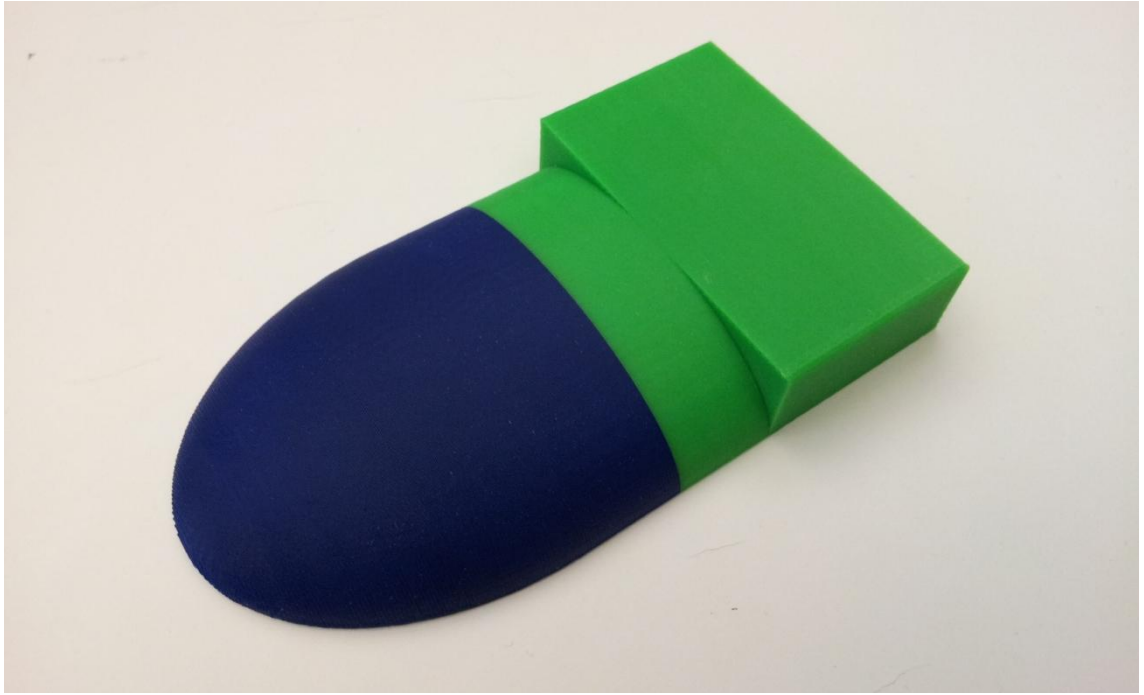
Testikappaleiden tulostus kesti yli 36 tuntia, ja tulostuksen jälkeen testikappaleisiin kiinnittynyt 3D-tulostimen tukimateriaali poistettiin pesemällä testikappaleita ultraäänipesurissa puolentoista tunnin ajan (kuva 28). Tulostusprosessin aikana tulostimen rakennusmateriaali loppui kesken ja se jouduttiin vaihtamaan. Tästä syystä myös testikappaleiden väri muuttuu, sillä tulostamista jatkettiin sinisellä ABS:llä alkuperäisen vihreän ABS:n sijaan. Dimension STT 3D-tulostin käyttää rakennusmateriaalinaan muovilankaa (ABS), joten tulostustarkkuus on sama kuin langan paksuus eli 0.254mm. Tulostustarkkuuden takia testikappaleiden pinta oli varsin

karkea. Tulostustarkkuus ei myöskään riittänyt kunnolla kappaleen kuperalle puolelle ja kuperan puolen kärki tulostuikin erittäin huonosti.



Kuva 28. 3D-tulostin tulostamassa testikappaleita (vasemmalla) ja ultraäänipesuri (oikealla).

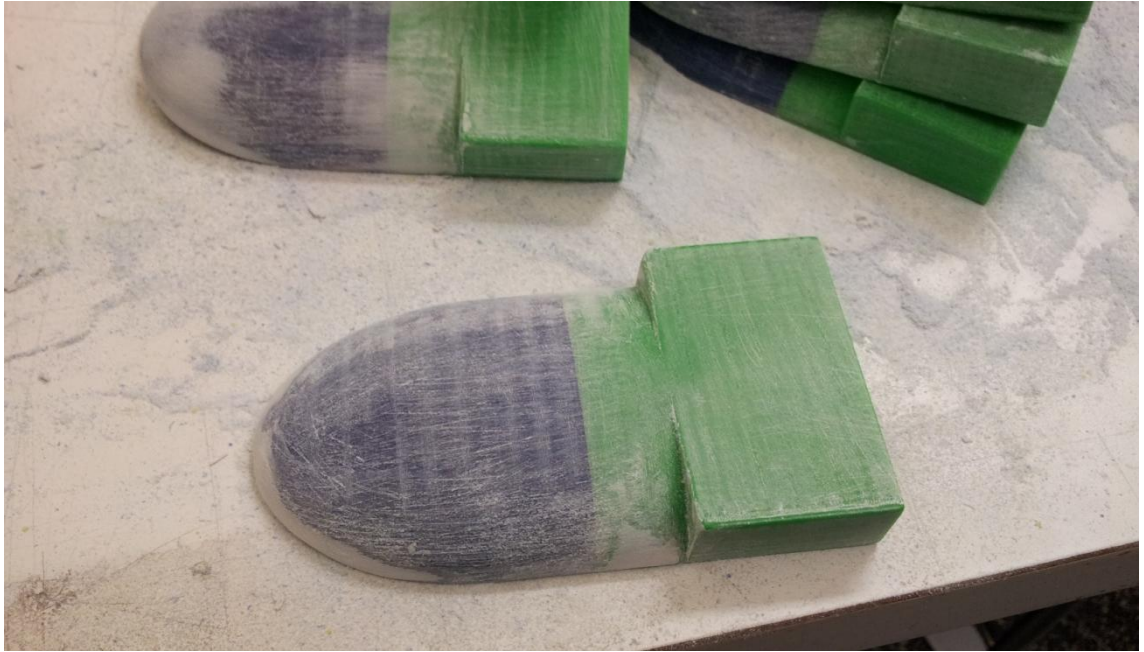
Testikappaleiden pinta haluttiin saada mahdollisimman tasaiseksi ja sileäksi, joten testikappaleet hiottiin ja paklattiin ennen dekorointitestiä aloittamista. Hionta suoritettiin vaiheittain eri karheuksilla hiomapapereilla. Hionta aloitettiin karkeasta 80 karheusasteen hiomapaperista ja päättyen erittäin hienoon 2500-karheuksiseen vesihiomapaperiin. Paklaus suoritettiin Pakcemin valmistaman Pakla Soft -supermuovikitin avulla. Hionnan ja paklauksen jälkeen testikappaleet maalattiin valkoiseksi, jotta CMYK-värijärjestelmään pohjautuvat dekorointimenetelmät onnistuisivat mahdollisimman hyvin. Maalaamiseen käytettiin Mastonin Colormix Premier 521 valkoista spraypohjamaalia sekä Colormix mattavalkoista 221 spraymaalia. Maalaus aloitettiin pohjamaalilla ja sitä suihkutettiin viisi kerrosta testikappaleen molemmille puolille. Pohjamaalin kuivuttua sen epätasaisuudet hiottiin pois vesihiomapaperin avulla. Pohjamaalin päälle suihkutettiin vielä viisi kerrosta mattavalkoista spraymaalia kappaleen molemmille puolille, mutta silti testikappaleen sininen osa ei värjätynyt täysin valkoiseksi. Testikappaleen vihreä osuus sen sijaan värjäytyi hyvin valkoiseksi. Lopullinen maalipinta viimeisteltiin myös 2500-karheuksisen vesihiomapaperin avulla. (Kuvat 29 – 33.)



Kuva 29. 3D-tulostettu testikappale.



Kuva 30. Tulostustarkkuus ei riittänyt koveran puolen kärjelle.



Kuva 31. Testikappaleiden hionta.



Kuva 32. Paklattu testikappale hionnassa.



Kuva 33. Pohjamaalattu testikappale.

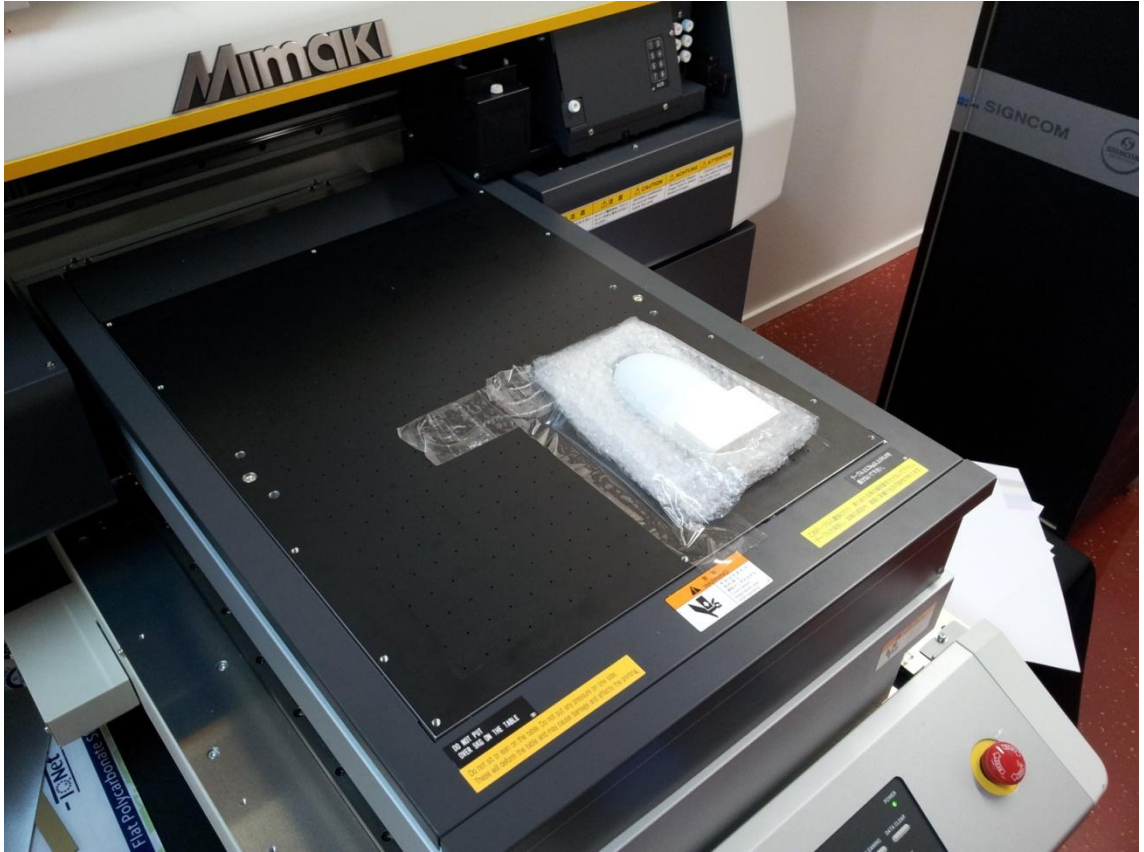
8.1 UV-tulostus

Maanantaina 5.3.2012 suoritettiin ensimmäinen dekorointitesti Signcom Oy:n tiloissa Helsingissä. Testikappaleen pintaa dekorointiin Mimakin UJF-3042FX UV-tulostimella, Signcom Oy:n kuvapankista otetun kuvan avulla. Testikappaleen ympärille tehtiin kuplamuovista jigi ennen tulostamisen aloittamista. Jigin tehtävänä oli estää väriaineen pölyäminen tulostusprosessin aikana. Pölyäminen johtuu tulostuspään nopeasta edestakaisesta liikkeestä, joka aiheuttaa ilmavirtoja tulostettavan kappaleen ympärille. Jos tulostettava kappale sisältää tulostimen näkökulmasta liian suuria korkeuseroja, ehtii väriaine kuivumaan ilmassa ennen osumista kappaleen pinnalle ja tulostuspään aiheuttamat ilmavirrat saavat sen pölyämään kontrolloimattomasti. Korkeuserolla tarkoitetaan matkaa tulostettavan pinnan ja tulostuspään välillä. Nykyiset tulostimet eivät osaa seurata tulostettavan kappaleen pintaa, eli tulostuspään ja tulostettavan pinnan etäisyys määräytyy tulostettavan kappaleen ”korkeimman” kohdan mukaisesti. Jarkko Hietasen mukaan tulostettavien kappaleiden korkeuserot saavat olla maksimissaan noin 4 mm, jotta tulostusjälki ja -tarkkuus ei kärsi. Myös tulostimen pisarakokoa muuttamalla voidaan vaikuttaa tulostusjälkeen, mikäli tulostettavat

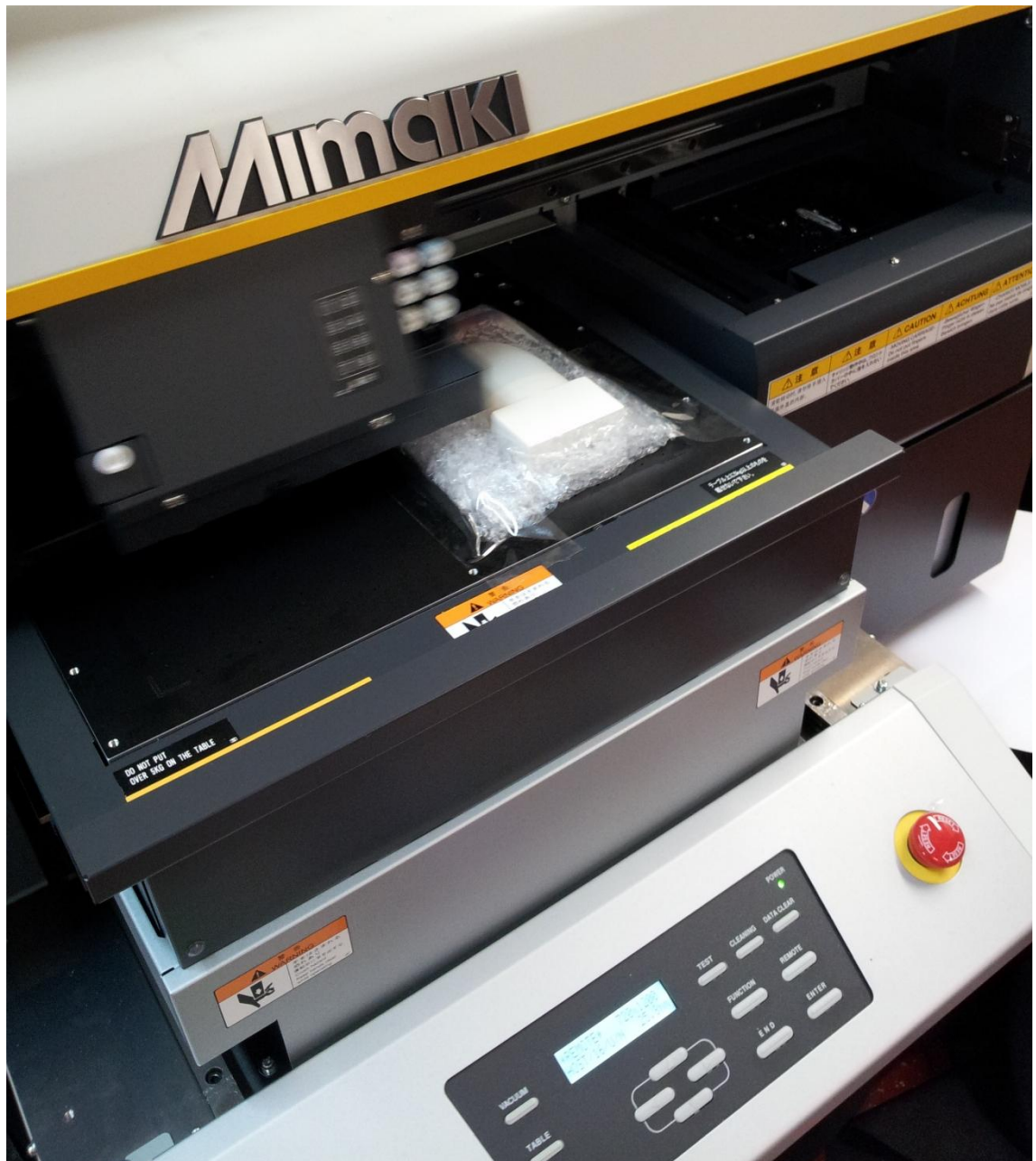
kappaleet sisältävät pieniä korkeuseroja. Isompi pisarakoko antaa enemmän anteeksi korkeusvaihteluiden kohdalla.

Testikappale dekoroiitiin vain kuperalta puolelta, sillä koveran puolen dekorointi ei olisi onnistunut pölyämisen johdosta. Lisäksi vaarana olisi ollut tulostuspään tukkeutuminen pölyämisen takia. Testikappaleen suurin korkeusero on 16 mm ja se antaa hyvän referenssin, miten tulostusjälki muuttuu korkeuseron kasvaessa. Testikappale dekoroiitiin 720 x 1200 dpi:n tarkkuudella ja tulostimessa käytettiin CMYK-värien lisäksi erillistä valkoista pohjaväriä. Koko tulostusprosessiin meni kokonaisuudessaan vain muutama minuutti, joten UV-tulostaminen on erittäin nopea menetelmä. (Kuvat 34 ja 35.)

Tarkasteltaessa lopullista dekorointijälkeä ei pintojen kaarevuudella ole niinkään merkitystä, mutta kappaleen korkeuseroilla on. Yli 3 mm korkeuserojen kohdalla huononee dekorointijälki jo merkittävästi. UV-tulostuksen etuna on kuitenkin nopeus ja hyvä dekorointijälki sekä värien toisto. UV-tulostimien lisävärit, etenkin pohjaväriksi käytettävä valkoinen, mahdollistavat myös hyvin tummien pintojen dekoroinnin ilman pohjamaalausta, ja se säästää huomattavasti aikaa joissain tapauksissa. (Kuvat 36 – 38.)



Kuva 34. Testikappale Mimakin UV-tulostimessa.



Kuva 35. Tulostuspää liikkeessä.



Kuva 36. UV-tulostettu testikuva ylhäältä.



Kuva 37. UV-tulostettu testikuva sivulta 1.



Kuva 38. UV-tulostettu testikuva sivulta 2.

8.2 Dekorointi tarran avulla

Seri-Deco Oy:ltä saatiin dekorointitestejä varten Avery MPI 1900 Easy Apply -valuvinyylikalvoa eli tulostustarraa, joka oli laminoitu Averyn kiiltävällä DOL 1460 -valulaminaatilla. Tarran grafiikka oli tulostettu HP Designjet L26500 -lateksitulostimella.

Tarran kantokalvo irrotettiin ja tarra asetoitiin testikappaleen päälle. Tämän jälkeen tarraa lämmitettiin 40 – 55 °C:seen kuumailmapuhaltimella, jolloin tarra notkistui ja sitä oli helpompi muotoilla testikappaleen pinnalle. Kun tarra oli saatu muotoiltua testikappaleen pinnalle sekä tarran ja pinnan väliset ilmakuplat poistettua, kuumennettiin tarra vielä kuumailmapuhaltimella 90 °C asteen lämpötilaan, jotta tarra ”jäähdyttäisi” lopulliseen muotoonsa. (Kuvat 39 ja 40.)

Dekorointi tarran avulla onnistui hyvin. Tarran muovaaminen testikappaleen pinnalle oli helppoa ja tarra mukaili hyvin testikappaleen pintoja. Testikappaleen koveran puolen laatikkomainen pääty oli ainut ongelmakohta tarralle. Päädyn kulmat olivat liian jyrkkiä ja tarra repesikin näistä kohdista. Kyseisen ongelman voisi kuitenkin välttää käyttämällä useammasta tarrasta muodostuvaa kokonaisuutta. (Kuvat 41 ja 42.)



Kuva 39. Tarran kuumennus alapuolelta.



Kuva 40. Tarran kuumennus yläpuolelta.



Kuva 41. Tarra ylhäältä.



Kuva 42. Tarra alhaalta.

8.3 Kuvansiirto kopiopaperilta

Kopiopaperin avulla tapahtuvaa dekorointitestiä varten ostettiin belgialaisen Powertex Art -yrityksen Powerprint Laserprint Transfer Medium kuvansiirtoainetta helsinkiläisestä Hobby Point -askarteluliikkeestä. Testaus aloitettiin tulostamalla testikuva tavalliselle valkoiselle A4-paperille Xerox:in WorkCentre 7435 -toimistotulostimella. Testikuva piti myös kääntää peilikuvakseen, jotta se kääntyisi dekoroidessa oikeinpäin. Testikappaleen sekä paperin pinnalle levitettiin sienellä ohut kerros kuvansiirtoainetta. Levityksen jälkeen paperi asemoitiin testikappaleen pinnalle ja paperiin käärittyä testikappaletta kuumennettiin hienovaraisesti kuumentilapuhaltimella noin kymmenen minuuttia. Kuumennuksen jälkeen testikappaleen annettiin vielä kuivua rauhassa yön yli ennen testin seuraavaa vaihetta. Kun paperi oli kuivunut kunnolla, kasteltiin paperin pinta vedellä ja paperia alettiin hienovaraisesti raaputtamaan pois testikappaleen pinnalta. Lopulta märkä paperi irtosi ja paperin alta paljastui kappaleen pintaan kiinnittynyt tooneri. (Kuvat 43 ja 44.)

Dekorointi kopiopaperin avulla onnistui välttävästi. Suurimpana ongelmana oli paperin muotoutuminen testikappaleen pinnalle. Erityisesti kaksoiskaarevien pintojen kohdalla oli vaikeuksia. Paperi rypistyi ja paperi ei mukautunut pintoja tasaisesti. Huomioitavaa oli myös testikappaleen sinisen osan vaikutus dekorointiin. Toonerin alta kuultava vaalean sininen muutti kuvan keltaisen osan vihertäväksi. (Kuvat 45 – 48.)



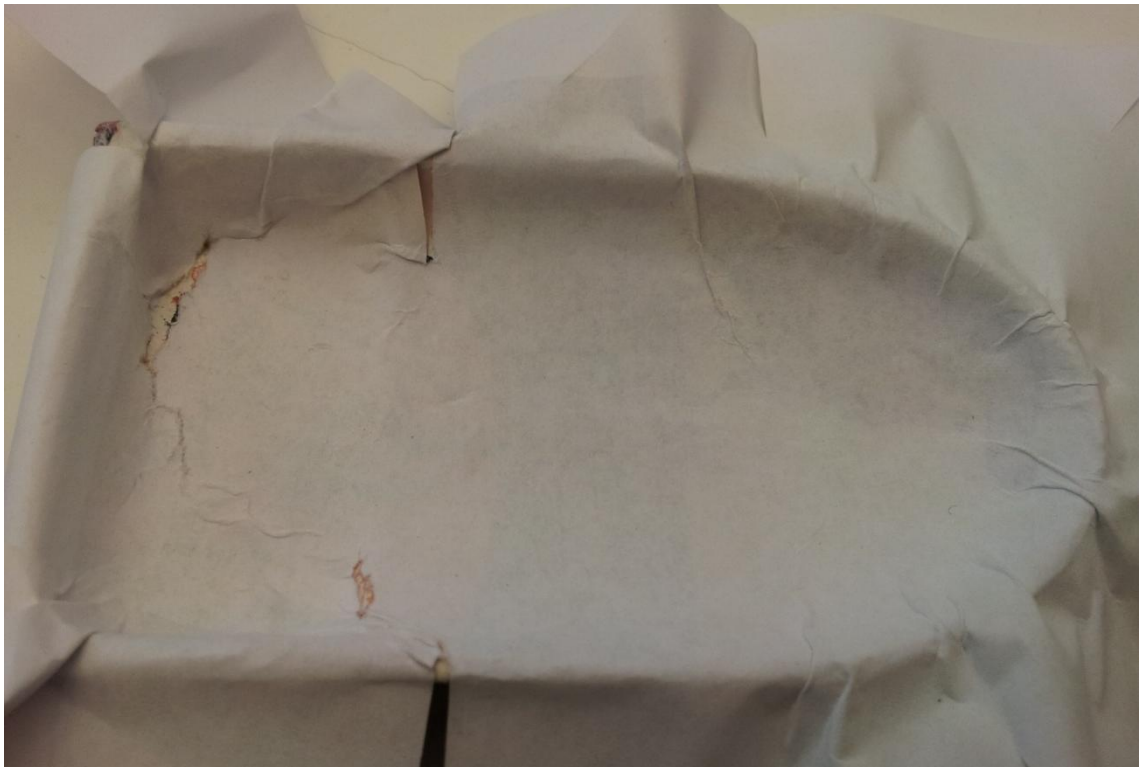
Kuva 43. Kopiopaperiin käärittynä testikappale kuivumassa.



Kuva 44. Märän paperin poisto sienellä.



Kuva 45. Kopiopaperilla dekoroitu yläpuoli.



Kuva 46. Alapuoli kuivumassa.



Kuva 47. Märän paperin poisto alapuolelta.



Kuva 48. Kopiopaperilla dekoroitu alapuoli.

8.4 Tulostus kuvansiirtokalvolle

Kuvansiirtokalvon avulla tapahtuvaa dekorointitestiä varten ostettiin yhdysvaltalaisen Bare-Metal Foil Co. -yrityksen Experts-Choice White Decal Film -kuvansiirtokalvoa, Mastonin kiiltävää spraylakkaa sekä saksalaisen Air-Color-Technik -yrityksen Mr. Hobby – Mr. Mark Softer -kuvansiirtokalvon pehmentäjäainetta helsinkiläisestä Hobby Point -askarteluliikkeestä. Testaus aloitettiin tulostamalla testikuva valkoiselle kuvansiirtokalvolle Xeroxin WorkCentre 7435 -toimistotulostimella. Tulostettaessa oli huomioitavaa, että kalvon koko oli, Eurooppalaisesta A4-kopiopaperista poiketen, yhdysvaltalainen kirjekoko Letter 8½" x 11". Ensimmäinen vastoinkäyminen tapahtui jo tulostusprosessin aikana, kun käytetyssä tulostimessa ei ollut by-pass-mahdollisuutta eli kuvansiirtokalvo joutui taipumaan tulostusprosessin aikana. Taipuminen sai aikaan värien lohkeilua tulostetussa kuvassa.

Ennen dekoroinnin aloittamista, tulostetun kuvansiirtokalvon päälle suihkutettiin kaksi kerrosta Mastonin spraylakkaa ja annettiin kuivua viikonlopun yli. Lakan tarkoituksena oli väriaineen sitominen, ettei se leviäisi veteen kesken dekorointiprosessin. Dekorointi aloitettiin kastelemalla testikappaleen pinta kädenlämpöisellä vedellä. Pinnan kastelun jälkeen kuvansiirtokalvo upotettiin kädenlämpöistä vettä sisältävään kulhoon, jotta kuvansiirtokalvon kantokalvo irtoaisi. Kantokalvon irrottua dekoroitava kuva asemoitiin testikappaleen pinnalle. Kuvaa muotoiltiin testikappaleen pinnalle kevyesti siveltimellä painelemalla yhdessä pehmentäjäaineen kanssa. Kun kuva oli saatu asemoitua, annettiin testikappaleen kuivua noin 15 minuuttia, jolloin kuvansiirtokalvo kiinnittyi lopullisesti osaksi kappaletta.

Dekorointi kuvansiirtokalvon avulla onnistui välttävästi. Kalvo ei muotoutunut kovinkaan tasaisesti etenkin kaksoiskaarevalle pinnalle ja dekoroitu pinta on paikoin ryppyinen. Suurimpana ongelmana tässäkin dekorointimenetelmässä on tasomaisen pinnan muotoutuminen kolmiulotteiselle pinnalle. Mikäli testissä käytetty kuvansiirtokalvo olisi joustavampi, saavutettaisiin parempi dekorointijälki. (Kuvat 50 – 52.)



Kuva 49. Kuvansiirtokalvo, pehmentäjäaine ja testikappale.



Kuva 50. Dekoroitu yläpuoli.







Kuva 51. Dekoroitu alapuoli.



Kuva 52. Kuvansiirtopaperilla dekoroitu testikappale.

9 Yhteenveto

Menetelmä	Yleistulos	Sijoitus	Hyvät puolet	Huonot puolet	Testikappale
UV-tulostus	Välttävä	2	Tarkka ja nopea menetelmä	Ei soveltunut lainkaan koveralle pinnalle	
Tarra	Hyvä	1	Muotoutui parhaiten dekoroitavalle pinnalle	Tarra repesi koveran puolen kulmissa	
Kopiopaperi	Välttävä	4	Halpa ja yksinkertainen menetelmä	Toonerin kiinnittyvyys, paperin jäämät	
Kuvansiirtokalvo	Välttävä	3	Tarkka	Kalvon rypistyminen ja kiinnittyvyys	

Kuva 53. Dekorointitestien tulokset.

Testikappaleelle tehtyjen testien perustella voidaan tehdä päätelmiä eri dekorointimenetelmien soveltuvuudesta kolmiulotteisille pinnoille. Tasomaiseen ja joustamattomaan painoaihioon tai kuvansiirtokalvoon perustuvat menetelmät eivät sovellu kuin tasomaisille pinnoille. Yhteen suuntaan kaareville pinnoille nämä menetelmät soveltuvat tietyin varauksin, mutta kaksoiskaarevien pintojen kohdalla ne eivät toimi, aivan kuten totesimme kopiopaperin ja kuvansiirtokalvon avulla tehdyissä testeissä. Yhteen suuntaan kaarevilla pinnoilla nämä menetelmät toimivat, mikäli painoaihio tai kuvansiirtokalvo pystyy seuraamaan dekoroitavaa pintaa eli kaarevuus ei ole liian jyrkkä suhteessa käytettyyn menetelmään. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sylinterimäistä painoaihiota tai riittävän taipuisaa kuvansiirtokalvoa. Kuvansiirtokalvon avulla tehdyssä testissä huomasimme, ettei testattua kuvansiirtokalvoa olisi voinut taivuttaa yhtä paljon kuin mitä se joutui tulostimessa taipumaan. Tämä johti kalvolle tulostetun kuvan murenemiseen, kuten kuvasta 49 nähdään puun oikealta puolelta.

UV-tulostimen avulla tehty testi osoitti, ettei nykyinen mustesuihkuteknologia sovellu kuin tasomaisille tai erittäin loivasti kaareville pinnoille. On kuitenkin odotettavissa, että tulevaisuudessa tulostettavaa pintaa seuraavia UV-tulostimia nähdään markkinoilla. Niiden kehitystä jarruttavat kuitenkin korkeat kustannukset, sillä menetelmää on hankalaa soveltaa sarjatuotannon tarpeisiin. Tulostuspää joutuu aina liikkumaan tulostettavan alueen läpi, ja se vie aikaa. Usein UV-tulostimen sijasta aikaa säästetään käyttämällä sarjatuotannossa esimerkiksi kuvansiirtotekniikoita. Mustesuihkuteknologian tavoin myös muita digitaalisia painotekniikoita on hankalaa ja toisinaan jopa täysin järjetöntä soveltaa kolmiulotteisille pinnoille niiden monimutkaisuuden takia.

Joustavat painoaihiot sekä kuvansiirtokalvot soveltuvat parhaiten kolmiulotteisille pinnoille. Tarran avulla tehty testi osoitti, että joustava kalvo muotoutui parhaiten kolmiulotteiselle pinnalle. Joustavuus onkin näiden menetelmien suurin etu verrattuna muihin dekorointimenetelmiin. Hydrograafinen painaminen ja sublimaatiokalvon avulla tapahtuva dekorointi ovat, yliteippauksen ohella, parhaat menetelmät monimutkaisten kolmiulotteisten kappaleiden dekoroinnissa, sillä niiden avulla painoaihe saadaan venytettyä tasaisesti dekoroitavalle pinnalle. Joustavien painoaihioiden, kuten esimerkiksi tampopainon kohdalla, painoaihion joustavuus rajoittaa kuitenkin dekorointimahdollisuuksia, sillä painoaihe ei pysty joustamaan yhtä paljon kuin kuvansiirtokalvot.

Lähteet

- 1 Spännäri, Toni, Ristimäki, Seija & Viluksela, Pentti. 2010. Painoviestinnän tekniikka. Helsinki: Opetushallitus.
- 2 Lehtonen, Eero, Mattila, Pentti, Veilo Petri & Raninen, Tarja (toim.). 2003. Digitaalinen painoviestintä. Helsinki: WSOY.
- 3 Spännäri, Toni. 2011. Lehtori, Tieto- ja viestintäteknikka/Mediateknikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo. Palaveri 4.11.2011.
- 4 Nieppola, Merja. 2011. Lehtori, Tieto- ja viestintäteknikka/Mediateknikka, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoo. Palaveri 4.11.2011.
- 5 Welin, Maria. 2011. Tampopainatus. Mediatekniikan tutkielma, Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 6 Wandless, Paul Andrew. 2006. Image Transfer on Clay. New York: Lark Books.
- 7 Vuorenhela, Samuli. 2011. Toimitusjohtaja, Signcom Oy, Kerava. Palaveri 1.12.2011.
- 8 Isaksson, Roger. 2011. Tuotepäällikkö, Tavani Oy, Helsinki. Palaveri 2.12.2011.
- 9 Vierto, Jouni. 2011. Myyntipäällikkö, Dekotel Oy, Lohja. Palaveri 9.12.2011.
- 10 Lilja, Sampsa. 2011. Tuotantojohtaja, DMP – Digital Media Partners Oy, Helsinki. Palaveri 12.12.2011.
- 11 Schminke, Karin, Simpson Krause, Dorothy & Lhotka, Bonny Pierce. 2004. Digital Art Studio: Techniques for Combining Inkjet Printing with Traditional Art Materials. New York: Watson-Guptill Publications.

- 12 Frequently Asked Questions About In-Mold Labeling and Decorating. 2012. Verkkodokumentti. In-Mold Decorating Association. <<http://www.imdassociation.com/inmoldda/in-mold+faqs>>. Luettu 11.1.2012.
- 13 The Plastics Decoration Toolkit – One-stop solutions worldwide. 2010. Esite. The Kurz Group.
- 14 Plastic Decoration Processes – Heat Transfer. 2004. Esite. The Kurz Group.
- 15 Muovien dekoratiivinen pinnoittaminen. 2010. Esite. Tavani Oy.
- 16 Water Transfer Printing. 2012. Verkkodokumentti. Otto Bock HealthCare GmbH. <http://www.ottobock.com/cps/rde/xchg/ob_com_en/hs.xsl/7990.html>. Luettu 11.1.2012.
- 17 Koivistoinen, Juha. 2006. Värihallinta digitaalipainossa. Opinnäytetyö, Lahden ammattikorkeakoulu.
- 18 Auton yliteippaus. 2011. Verkkodokumentti. Tekniikan Maailma. <<http://tekniikanmaailma.fi/autot/muut/auton-yliteippaus>>. Luettu 11.1.2012.
- 19 Suoranta, Lassi. 2012. Ostopäällikkö, Seri-Deco Oy, Tuusula. Palaveri 13.1.2012.
- 20 Dekotel Digital Coating System. 2009. Esite. Dekotel Oy.
- 21 Toivonen, Anna. 2007. Stokastisen rasterin vaikutus painoprosessin hallintaan. Diplomityö, Teknillinen korkeakoulu.

- 22 Transferring Printed Images Into Artwork. Verkkodokumentti. Golden Artist Colors. <<http://www.goldenpaints.com/technicaldata/transimg.php>>. Luettu 8.2.2012.
- 23 Technology opens up a colourful future. 2006. Verkkodokumentti. Eureka Magazine. <<http://www.eurekamagazine.co.uk/article/6749/Technology-opens-up-a-colourful-future.aspx>>. Luettu 20.2.2012.
- 24 Water Transfer Printing Films. Verkkodokumentti. Dic Corporation. <http://www.dic-global.com/eu/en/products/decorative_materials/transcript.html>. Luettu 12.3.2012.
- 25 Elcorsy Technology and Epsimage to Continue Development Collaboration on Variable Information Printing. 2000. Verkkodokumentti. Resource Library. <http://findarticles.com/p/articles/mi_m0EIN/is_2000_March_29/ai_60841267/>

