

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Paperitekniikka
Paperi- ja prosessiteollisuuden suunnittelu

Lauri Welling

Paperin päällystäminen

Opinnäytetyö 2012

Tiivistelmä

Lauri Welling

Paperin päällystäminen, 48 sivua, 6 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Imatra

Paperitekniikka

Paperi- ja prosessiteollisuuden suunnittelu

Opinnäytetyö 2012

Ohjaajat: yliopettaja Pasi Rajala, Saimaan ammattikorkeakoulu, Matti Syrjä, Innotools Oy ja Mika Sjöholm, Innotools Oy

Työn tarkoituksena oli löytää toimiva menetelmä paperin päällystämiseksi. Työ tehtiin imatralaiselle toimeksiantajalle yrityksen tuotteiden päällystämiseksi. Lopputuloksen laadun tuli olla tarpeeksi laadukas, joka edelleen mahdollistaisi usean eri painomenetelmän käytön. Yrityksen omalla pilottipäällystykoneella ei saavutettu tyydyttäviä tuloksia teräkaavinnalla.

Ensimmäisessä vaiheessa, joka oli osa paperitekniikan laboratoriotyökurssia päällystyskokeet suoritettiin Saimaan ammattikorkeakoulun paperilaboratoriossa teräkaavintaan perustuvalla arkipäällystimellä. Paperilaboratorio kokeiden aikana suurin kehittelyn kohde oli päällystyspasta joka kävi läpi monia muutoksia peittävän ja tasaisen tuloksen saavuttamiseksi. Lisäksi lateksin aplikointi arkin pintaan ennen päällystystä pastan tarttumisen parantamiseksi oli kokeiden kohteena. Toinen vaihe koostui toimeksiantajan pilottikoneen muuttamisesta teräkaavinnasta sauvakaavinnalliseksi ja koeajon suorittamisesta muutoksen jälkeen.

Laboratoriokokeiden aikana onnistuttiin saavuttamaan peittävyydeltään lupaavia tuloksia, mutta ongelmaksi muodostui liian korkeat päällystemäärät. Näiden tulosten voidaan katsoa johtuvan suoraan onnistuneista muutoksista päällystyspastan koostumuksessa.

Teräkaavinta aiheutti herkästi ongelmallista viiruuntumista päällysteessä, kun päällystemäärää pyrittiin laskemaan teräpaineen nostolla. Pilottikoneen koeajo oli osittain epäonnistunut kaavinsauvan osoittautuessa kieroksi. Ongelma havaittiin vasta koeajon alettua mutta koeajot suoritettiin loppuun siitä huolimatta.

Asiasanat. teräkaavinta, sauvakaavinta, päällystys

Abstract

Lauri Welling

Coating of Paper, 48 pages, 6 appendices

Saimaa University of Applied Sciences

Unit of Technology, Imatra

Paper Technology

Design of Process and Paper Technology

Bachelor's Thesis 2012

Instructors: Dr Pasi Rajala, Principal Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr Matti Syrjälä, Innotools Ltd and Mr Mika Sjöholm, Innotools Ltd

This study was done for mandator company which is based in Imatra. The aim was to develop a pigment coating method for their paper products'. The desired quality of coated surface had to be good enough for digital, laser, offset and gravure printing. Two major ways in search to accomplish the goal were adjustment of coating pigment and the coating machine parameters.

First series of tests were done in the paper laboratory of Saimaa University of Applied Sciences. During these tests pigment was the main research target and it went through several changes. The coating machine in laboratory used blade metering system to adjust pigment layer after application. Next phase was to modify pilot coating machine of mandator into rod metering because it had previously used blade metering system. Modification of pilot coater turned out to be a lot easier than expected. After modifications the trial run was done which gave promising but not great results.

Key words: blade, rod, metering, coating

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Pigmentit.....	5
2.1	Ominaisuudet.....	6
2.2	Pääpigmentit.....	8
2.2.1	Kaoliini.....	8
2.2.2	Jauhettu kalsiumkarbonaatti.....	10
2.2.3	Talkki.....	11
2.2.4	Lisä- ja erikoispigmentit.....	11
2.3	Sideaineet.....	14
2.4	Lisäaineet	15
3	Reologia.....	16
4	Päällystys.....	19
4.1	Aplikoitimenetelmät.....	19
4.1.1	Sivelytelapäällystys	19
4.1.2	Lyhytviipymäpäällystys.....	20
4.2	Teräpäällystys.....	22
4.3	Filminsiirtopäällystys.....	24
4.4	Sauvapäällystys.....	26
4.4.1	Yleistä	26
4.4.2	Ominaisuudet	28
4.5	Pastan valmistus.....	29
	Kuvat 30	
	Taulukot.....	31
	Lähteet.....	32

Liitteet

Liite 1 Pigmenttien ominaisuudet

Liite 2 Voith Paper: in Speed Sizer ja moottorin kytkentä sauvaan

1 Johdanto

Ensimmäinen kosketus toimeksiantajan tuotteen päällystykseen tuli Laboratoriotyö 2 kurssin työn aiheena. Kurssin aikana pyrittiin päällystämään paperia ja saavuttamaan pinnaltaan tarpeeksi laadukas tulos, joka mahdollistaisi monipuolisen painettavuuden tai tulostettavuuden eri tekniikoilla.

Laboratoriokurssilla aloitetut päällystyskokeet jatkuivat opinnäytetyön aiheena uudella tutkimussuunnalla. Opinnäytetyö osuus keskittyi pääasiassa sauvakaa-vintaan ja sen laitteiston asennuksesta toimeksiantajan tiloissa olevaan pilotti-päällystyskoneeseen ja sillä suoritettuun koeajoon.

2 Pigmentit

Pigmentti on tärkein pastan komponentti ja sen osuus päällysteen kuivapainosta on tilanteesta riippuen 80 – 95 %:n välillä. Paino-osuutta tärkeämpi tekijä on pigmentin tilavuusjakauma, joka on noin 70 % kiinteästä päällysteestä. Pigmentit voidaan jakaa kolmeen ryhmään: pää-, erikois- ja lisäpigmentteihin. Pääpigmentit muodostavat suurimman osan päällystepastasta. Erikoispigmentit ovat vastaavia edellä mainittujen kanssa, mutta niillä on rajatummat käyttömahdollisuudet. Lisäpigmentit muodostavat vain pienen osan pastasta, korkeintaan 10 %. Pääpigmenttejä ovat kaoliini, jauhettu kalsiumkarbonaatti (GCC) ja talkki. Kipsi voidaan määritellä erikoispigmentiksi sen rajatun käytön takia, huolimatta potentiaalista laajamittaisempaan käyttöön. Lisäpigmenttejä ovat saostettu kalsium karbonaatti (PCC), muovipigmentit, alumiini trihydraatti, titaanidioksidi kalsinoitu kaoliini ja satiininvalkoinen. Lisäpigmenteillä haetaan tietyn ominaisuuden parantamista, joka ei ole mahdollista ainoastaan pääpigmenteillä. Lisäpigmenttien käyttö on yleisempää kartonginpäällystyksessä kuin paperinpäällystyksessä. Liitteenä 1 olevassa taulukossa 1.1 on yleisimpien käytettyjen pää-, lisä- ja erikoispigmenttien ominaisuuksia. (Strand 1998; Lehtinen 2000; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003.)

2.1 Ominaisuudet

Pigmenttien ominaisuuksista seuraavana listatut selittävät enimmäkseen päällystepastan ja lopullisen päällysteen ominaisuuksia:

- partikkelikoko ja kokojakauma
- partikkelinmuoto ja muotojakauma
- taitekerroin
- tiheys
- valon sironta ja absorptio

Seuraavana oleva taulukko 2.1 yksinkertaistaa kuinka pigmentin ominaisuuksien pitää muuttua lisäarvon saavuttamiseksi päällystyksen ominaisuuksissa, kun päällysteen koostumus pidetään muuten ennallaan. (Lehtinen 2000).

Ominaisuus	Muutos
Kiilto	Tasaisuus paranee Partikkelikoon pieneneminen
Opasiteetti	Taitekertoimen suureneminen Partikkelikoon pieneneminen
Kirkkaus	Valo absorptio vähenee
Huokoisuus ja väri absorptio	Pakkautumisen väheneminen Useiden partikkelimuotojen sekoittuminen
Bulkki ja peittävyys	Pakkautumisen väheneminen Useiden partikkelimuotojen sekoittuminen Tiheyden pieneneminen
Viskositeetti	Pakkautumisen väheneminen

Taulukko 2.1 Esimerkki pigmentin ominaisuuksien muutosten vaikutuksista (Lehtinen 2000, 63)

Seuraavana oleva taulukko 2.2 havainnollistaa yksinkertaistetusti, kuinka pigmentin ominaisuudet vaikuttavat lopulliseen päällystystulokseen.

Pigmentin ominaisuus	Pigmentin vaikutus päällystykseen
Hienojakoinen pigmentti	Kiiltävä päällyste
Levymainen pigmentti	Kiiltävä päällyste
Laaja kokojakauma	Huono peittokyky, pakkautuminen
Levymainen pigmentti	Hyvä peittokyky
Levymainen pigmentti	Tiivis päällyste
Levymainen pigmentti ja pieni kokojakauma	Leikkauspaksuneva pasta
Hienojakoinen pigmentti ja levymainen pigmentti	Suuri sideaineen tarve

Taulukko 2.2 Pigmentin vaikutus lopulliseen päällystystulokseen (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 188)

Pigmenttipartikkeleiden kolme perusmuotoa ovat 1 pallomainen tai kuutiomainen, enimmäkseen isometrinen, 2 sauvamainen tai neulamainen ja 3 levymainen.

Kuitenkin edellä oleva jaottelu on yksinkertaistettu, todellisten muotojen ollessa paljon monimutkaisempia. Muotovakio kuvaa partikkelin levymäisen muodon astetta. Muotovakio lasketaan kaavalla 1. (Lehtinen 2000, 64).

$$\text{Muotovakio} = \frac{d}{h} \quad (1)$$

Kaavassa 1 d on partikkelin leveys (μm), ja h on partikkelin paksuus (μm). Jakamalla leveys paksuudella saadaan partikkelille muotovakio. Isometrisillä partikkeleilla (pyöreät, kuutiot) muotovakio on yksi tai lähellä sitä. Sauvamaisilla partikkeleilla käsitettä ei ole selkeästi määritelty.

Sekoittamalla useita erilaisia partikkelimuotoja sopivassa suhteessa päällystyskerroksen huokoisuutta ja bulkkia voidaan lisätä. Partikkelin muoto riippuu mineraalin kiderakenteesta joka puolestaan riippuu kemiallisesta koostumuksesta. (Lehtinen 2000, 64 - 65)

2.2 Pääpigmentit

2.2.1 Kaoliini

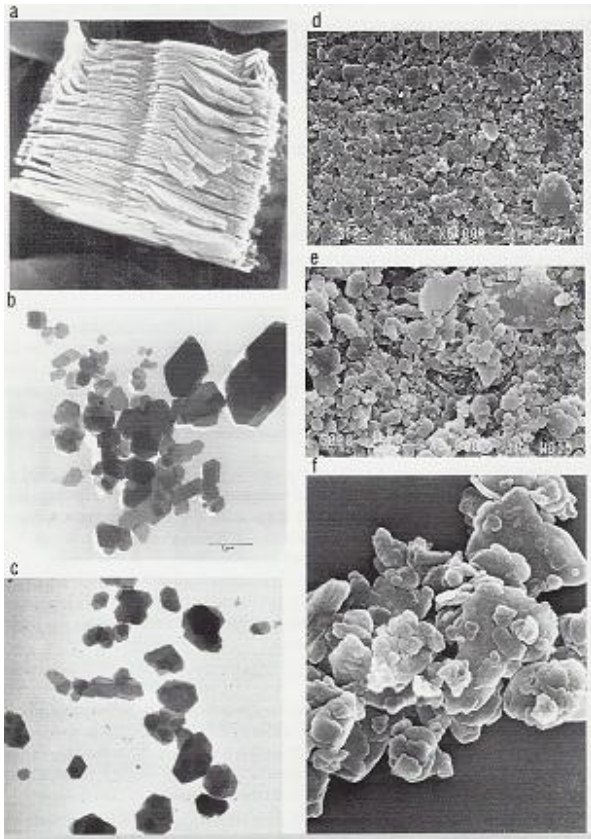
Kaoliini on aluminiumsilikaattia, joka muodostuu kuusikulmaisista ja levymäisistä partikkeleista. Kaoliiniesiintymät luokitellaan primäärisiin ja sekundäärisiin esiintymiin. Primäärisissä esiintymissä kaoliini ei ole kulkeutunut pois alueelta, jossa se on muodostunut. Sekundääristen esiintymien kaoliini on kulkeutunut veden mukana uusille alueille ja muodostanut sedimenttikerrostumia. Sekundäärissä esiintymissä kaoliini sisältää yleisesti enemmän epäpuhtauksia, kuten rautaoksidia ja anataasia (TiO_2), joka aiheuttaa kaoliiniin kellertävän sävyn. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, Lehtinen 2000.)

Merkittävimmät kaoliiniesiintymät maailmassa ovat Englannissa (Primäärisiä), Georgian osavaltiossa Yhdysvalloissa (sekundäärisiä) ja Brasiliassa Amazonin alueella (sekundäärisiä). Pienempiä huomattavia esiintymiä sijaitsee Itä-Euroopassa, Ukrainassa, Australiassa, Saksassa ja Kiinassa. Seuraavana olevassa taulukossa 2.3 havainnollistetaan eroja eri esiintymien välillä. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, Lehtinen 2000.)

	Englanti (%)	Itä-Georgia (%)	Brasilia: Capin joen savi (%)
Kaoliiniitti	90	>95	>99
Kiille	8	≈2	jäämiä
Maasälpä	1	-	-
Fe_2O_3	0,6	0,8-1,5	0,45
TiO_2 (anataasi)	0,06	1,5-3,0	0,42
K_2O (potassium)	1,1	0,2	0,15

Taulukko 2.3 Englantilaisen, brasialaisen ja georgialaisen kaoliinin vertailu (Lehtinen 2000, 70, 71)

Seuraavana oleva kuva 2.1 havainnollistaa kaoliinipartikkelien eroja eri esiintymien välillä.



Kuva 2.1 Eri alueiden kaoliinipigmenttien rakenteiden vertailua: (a) kaoliinikeko, (b) englantilainen, (c) pohjoisamerikkalainen, (d) brasialainen kaoliini Yarin alueelta, (e) brasialainen kaoliini Capimin alueelta, (f) kalsinoitu kaoliini (Lehtinen 2000, 74)

Kalsinoitua kaoliinia valmistetaan kuumentamalla kaoliini 550 - 1100°C: n lämpötilaan tai vaihtoehtoisesti kemiallisella käsittelyllä. Partikkelien kiinnittymistä suuremmiksi yksiköiksi kutsutaan myös aggregoitumiseksi. Kalsinoinnin tarkoituksena on lisätä valon sirontakerrointa ja muodostaa partikkelien sisäisiä huokosia. Valon sirontakerroin nousee partikkelikoon pienentyessä, ja riippuvuus jatkuu noin 0,3µm:n kokoon asti. Koon saavuttaessa kriittisen rajan partikkelit ovat liian pieniä hajottamaan valoa ja sironta kerroin laskee. Kalsinointi mahdollistaa kooltaan muuten liian pienten partikkelien käyttämisen päällystyksessä. Partikkelien sisäisten huokosten muodostuminen lisää valon sirontaa, ja lisäksi ne parantavat pigmentin painoväriabsorbtiota.

Sironnan lisääntyminen parantaa edelleen kiiltoa ja opasiteettia. Muita kalsinoidun kaoliinin vaikutuksia ovat päällysteen bulkin ja vaaleuden lisääntyminen. Kalsinoitua kaoliinia käytetään lisäpigmenttinä. (Hammarberg 1998; Lehtinen 2000; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003.)

Seuraavana oleva taulukko 2.4 havainnollistaa lämpötilan vaikutusta kaoliinin ominaisuuksiin.

	Vaaleus GE*	Osuus alle 2µm	Slurry Solids (wt.%)
Alhainen lämpötila	80-82	78-84	-
Korkea lämpötila	90-94	80-94	52-52

*Pohjois-Amerikassa käytetty GE vaaleusmittaus on 2 - 3 yksikköä suurempi kuin ISO vaaleus

Taulukko 2.4 Tyypillisten kalsinoitujen kaoliinien ominaisuuksia eri valmistus lämpötiloilla (Lehtinen 2000, 78)

Kemiallinen käsittely ei paranna kiiltoa, mutta optimaalisempi kokojakauma ja lisääntynyt sironna parantavat optisia ominaisuuksia. Kalsinoidulla kaoliinilla on mahdollista korvata esimerkiksi kallis titaanidioksidi. Kaoliini on pintaenergiansa seurauksena voimakkaasti hydrofiilinen eli veteen liukeneva. (Hammerberg 1998; Lehtinen 2000.)

2.2.2 Jauhettu kalsiumkarbonaatti

Jauhettu kalsiumkarbonaatti on kaoliinin ohella käytetyimpiä päällystyspigmenttejä. Kalsiumkarbonaattia esiintyy luonnossa eri kivilajeissa: liitukivessä, kalkkikivessä ja marmorissa. Kaikista maailman yli 90 tuotantolaitoksesta lähes puolet (n. 40) sijaitsevat Euroopassa. Yhdysvalloissa tuotantoa on itä-, länsirannikolla ja maan luoteisosissa. Useista kidetyypeistä tärkeimpiä ovat kalsiitti ja aragoniitti. Kalsiitti voi olla kuutiomainen, prismaattinen tai levymäinen. Aragoniitin muotoja ovat pitkänomaiset neulat ja prismat.

Jauhamalla valmistettu kalsiumkarbonaatti GCC (Grounded Calcium Carbonate) ei ole yhtä puhdasta, hienojakoista tai kokojakaumaltaan samanlaista kuin saostettu kalsiumkarbonaatti PCC (Precipitated Calcium Carbonate), mutta sen valmistus on edullisempaa. GCC on kaoliiniin verrattuna halvempaa, mutta sen hinta nousee hienousasteen kasvaessa.

Pastaan lisättyä jauhetta kalsiumkarbonaatti laskee viskositeettia ja parantaa samalla huokoisuutta ja painoväriabsorbiota. Muita karbonaatin vaikutuksia ovat vaaleuden ja opasiteetin parantuminen. GCC ei vaadi yhtä paljon sideainetta kuin kaoliini pienen ominaispinta-alan omaavan kiderakenteen seurauksena. (Hammerberg 1998; Lehtinen 2000; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003.)

2.2.3 Talkki

Talkkia muodostuu kiven joutuessa vulkaanisen toiminnan kohteeksi. Prosessi tuo mineraalin muodostumiseen tarvittavia komponentteja: magnesiumoksidia, silikonidioksidia ja hiilidioksidia. Kemialliselta koostumukseltaan talkki on magnesiumsilikaattia. Maailman talkkiesiintymät jaetaan neljään toisistaan eroavaan ryhmään joiden ominaisuudet eroavat toisistaan. Samaan partikkelikokoon jauhattuna eri esiintymien partikkelit käyttäytyvät vaihtelevasti johtuen partikkelien vaihtelevasta muototekijästä ja hydrofobisuudesta. Yleisesti talkkipartikkeli on levymäinen, joka antaa tiiviin ja tasaisen pinnan päällysteelle. (Lehtinen 2000; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003.)

2.2.4 Lisä- ja erikoispigmentit

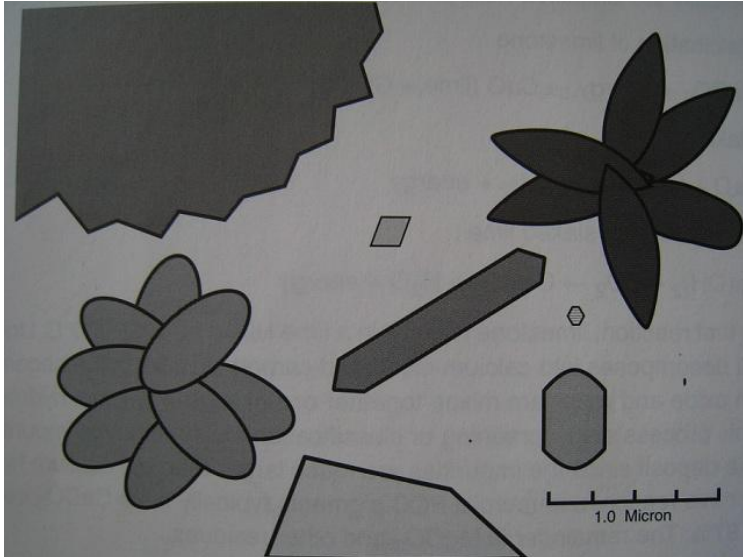
Alumiinitrihydraattia tai ATH:ta valmistetaan bauksiittimalmista. Alumiinin lisäksi bauksiitti sisältää useita muita mineraaleja, joista alumiini on erotettava. Erotus tapahtuu Bayer-prosessilla liuottamalla bauksiitti natriumhydroksidiin josta ei-halutut aineet erotetaan sedimentoinnilla ja suodattamalla. Valmiiseen liuokseen lisätään alumiinitrihydraattikiteitä, joiden pintaan liuoksen alumiini kiteytyy. Lopuksi kiteet suodatetaan liuoksesta ja pestään. Kiteytysvaiheella voidaan vaikuttaa lopulliseen partikkelikokoon 0,5 - 100 µm:n välillä, muuttamalla prosessin olosuhteita. Muodostuneet partikkelit voidaan käyttää sellaisenaan tai edelleen jauhaa haluttuun kokoon.

ATH - partikkelit ovat levymäisiä, kemiallisesti vakaita, myrkyttömiä, erittäin valkoisia. ATH:n korkealla vaaleudella ja valkoisuudella voidaan parantaa kaoliini- tai karbonaattipastojen vaaleutta. Alumiinitrihydraattilla voidaan myös käyttää samanaikaisesti kalliimman titaanidioksidin kanssa. Noin yksi kolmas osaa titaanidioksidia voidaan korvata kaksin kertaisella määrällä ATH:ta, jolloin vaaleus ja opasiteetti voidaan pitää alkuperäisellä tasolla. (Lehtinen 2000, s. 167 - 170)

Kipsi on koostumukseltaan kalsium sulfaattia. Kipsiä tuotetaan usean teollisuusprosessin sivutuotteena, ja ainoa rajoittava tekijä käytölle on usein epäpuhtaudet. Luonnosta saatavan kipsin käytössä on huomioitava sen vähäisempi vaaleus. Toisaalta teollisesti tuotettujen kipsien vaaleutta ja väriä voidaan säätää lähtöaineilla ja itse prosessilla. (Lehtinen 2000, s. 153 - 156)

Muovipigmenttejä on kahta päätyyppiä: onttoja tai täysin kiinteitä pallomaisia partikkeleita. Molempia valmistetaan eri kokoluokissa ja koostumuksissa sekä onttojen partikkelien tapauksessa vaihtelevilla sisätilavuuksilla. Muovipigmenttien valmistukseen voidaan käyttää useita synteettisiä polymeereja kuten esim. polystyreeniä. Tärkeänä vaatimuksena pigmentin tulee kestää kuivaus vaihe muodostamatta filmimäistä pintaa. Muovipigmentillä voidaan korvata mineraali pigmenttejä 3-20 prosenttisesti ja parantaa arkin kiiltoa, vaaleutta ja opasiteettia. (Lehtinen 2000, s. 177 - 181)

Saostettua kalsiumkarbonaattia (precipitated calcium carbonate, PCC) valmistetaan kalkkikivestä. Prosessin kolme perusvaihetta ovat kalkkikiven kalsinointi (1), kalkin sammutus (2) ja sammutetun kalkin karbonointi hiilidioksidikaasulla (3). Kolmannen vaiheen olosuhteita muuttamalla voidaan vaikuttaa lopputuotteen partikkelikokoon, -kokojakaumaan, -muotoon ja ominaisuuksiin. Seuraava kuva 2.2 havainnollistaa monia PCC:n mahdollisia partikkelikokoja ja muotoja suhteessa toisiinsa. (Lehtinen 2000, s. 141)



Kuva 2.2 Esimerkkejä PPC partikkelien muodoista ja kokoeroista (Lehtinen 2000, 142)

Kuten edellisestä kuvasta 2.2 on havaittavissa saostettua kalsiumkarbonaattia voidaan valmistaa huomattavan vaihtelevilla ominaisuuksilla, jotka soveltuvat hyvin juuri tiettyihin päällystystilanteisiin. Päällystyksen kannalta hyviä pigmentin ominaisuuksia ovat: pieni kokojakauma, vaaleus, hyvä peittokyky ja hyvä tulostettavuus sopivien ominaisuuksien valinnan mahdollisuuden seurauksena. (Lehtinen 2000, s. 142)

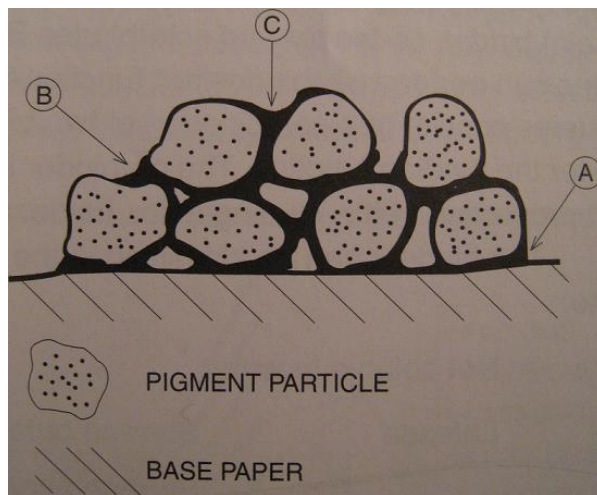
Titaanidioksidia (TiO_2) voidaan valmistaa erottamalla se useasta malmista: anataasista (TiO_2), rutiilista (TiO_2) sekä ilmeniitistä (FeTiO_2). Rutiilin tapauksessa erotus toteutetaan kloridiprosessilla, jossa malmi ensin kloorataan kaasumaiseksi titaanitetrakloridiksi, joka kondensoidaan, puhdistetaan ja erotellaan. Sulfaattiprosessia käytetään esimerkiksi ilmeniitillä, ja sen aikana malmi liuotetaan konsentroituun rikkihappoon. Raudan erotuksen jälkeen titaanisulfaatti saostetaan, valkaistaan, pestään, kalsinoidaan ja jauhetaan. (Lehtinen 2000; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003; Nieminen & Nurminen.)

Sulfaattiprosessilla valmistettu anataasipigmentti on heti valmis käyttöön, mutta rutiilipigmentti tulee vielä pintakäsittellä erikseen. Myös kloridiprosessilla valmistettu TiO_2 voidaan pintakäsittellä haluttaessa. Pintakäsittelyssä useita pigmentin ominaisuuksia voidaan parantaa vastaamaan vaatimuksia tietyssä loppukäytössä. Kuitenkin myös käsittelemätöntä titaanidioksidia käytetään päällystyksessä.

Titaanidioksidipartikkelin korkea taitekerroin, valkoisuus ja optimaalinen koko tekevät siitä tehokkaimman valkoisista pigmenteistä. Titaanidioksidin osuus pastassa voi olla noin 10 % käytetyn pääpigmentin määrästä. (Lehtinen 2000; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003; Nieminen & Nurminen.)

2.3 Sideaineet

Sideaine on pigmentin jälkeen tärkein päällysteen komponentti. Sideaineet voidaan jakaa kahteen pääryhmään vesiliukoisuuden perusteella: veteen liukenemattomiin ja vesiliukosiin sideaineisiin. Yleensä sideaine koostuu kahdesta osasta, joilla on omat tehtävänsä: pääsideaineesta, jonka tehtävä on sitoa ja apusideaineesta joka, muuttaa pastan reologiaa. Seuraavana oleva kuva 2.3 havainnollistaa sideaineen tehtäviä: sitoa pigmentti partikkelit pohjapaperiin (A), sitoa partikkelit toisiinsa (B), osittain täyttää partikkelien välinen tila (C) ja lisäksi vaikuttaa viskositeettiin ja vesiretentioon. (Strand 1998; Lehtinen 2000,)



Kuva 2.3 Sideaineen tarkoitus päällystyksessä (Lehtinen 2000, 186)

Veteen liukenemattomiin sideaineisiin kuuluvat lateksit, joita ovat esimerkiksi styreenibutadieeni- (SB), styreeniakrylaatti- ja polyvinyylisetaattilateksit (PVAc). Lateksit ovat vesidispersioita, jotka koostuvat polymeeripartikkeleista. Ne ovat noin 50 %:n kuiva-ainepitoisuudessa toimitettaessa. Seuraavana oleva taulukko 2.5 havainnollistaa kolmen erityyppisen lateksin vaikutuksia pastaan. (Lehtinen 2000, s. 190 - 191)

	SB-lateksi	PVAc-lateksi	Akrylaattilateksi
Sitomislujuus	++	-	+
Huokoisuus	-	++	+
Valonkestävyys	--	+	++
Vedenkestävyys	+	-	+
Kovuus	-	-	++
Kuplimisen esto	-	++	+
Kustannukset	+	++	--

+ =positiivinen vaikutus

- = negatiivinen vaikutus

Taulukko 2.5 SB-, PVAc- ja akrylaattilateksin vaikutukset päällystyksessä (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 189)

Vesiliukoisia sideaineita ovat luonnon polymeerien johdannaisia olevat tärkkelykset, proteiinit, selluloosa johdannaiset ja karboksyyliimetyyliselluloosa (CMC). Täysin synteettinen polyvinyylisetaatti (PVA) on myös vesiliukoinen. Vesiliukoisia sideaineita käsitellään jauheina jotka sekoitetaan suoraan pastaan tai käyttövalmiiksi vesiliuokseksi. (Lehtinen 2000, s. 190)

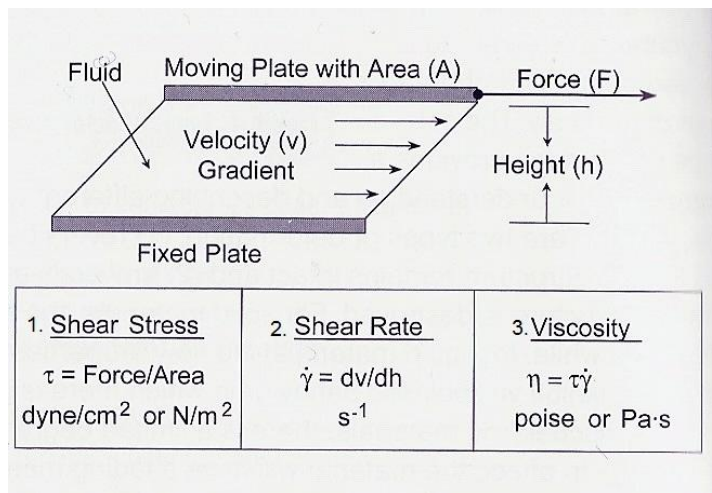
2.4 Lisäaineet

Päällystyspastaan voidaan lisätä useita erilaisia lisäaineita, joilla pyritään säätämään jotakin ominaisuutta tai estämään jokin negatiivisesti vaikuttava ilmiö. Dispergointiaineilla pyritään edistämään pigmentin liettymistä veteen ehkäisemällä partikkelien tarttumisen toisiinsa. Dispergointiaineita annostellaan 0,1 - 0,5 % pigmentin määrästä. PH:n säätöaineilla vaikutetaan pastan pH arvoon ja säädetään se päällystyksen tai laitteiston vaatimalle tasolle. Vaahdonesto voidaan toteuttaa mekaanisin menetelmin, mutta myös kemikaaleja voidaan käyttää. Niillä ehkäistään vaahtoaminen pastan käsittelyn aikana vaikuttamalla pastan pintajännitykseen. Syntynyt vaahto voidaan poistaa vaahdonpoistoaineilla, joiden ideana on lisätä pastaan partikkeleja, jotka osuessaan ilmakupliin rikkoivat ne. (Lehtinen 2000, s. 289; Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003 s. 189 - 190.)

Vesiretention ja reologian säätäjillä muutetaan pastan käyttäytymisominaisuuksia. Voiteluaineilla on monia tehtäviä. Niillä voidaan vähentää kitkaa pastan ja päällystyskoneen ja pohjapaperin ja päällystin yksikön välillä. Seurauksena päällysteessä on vähemmän viiruja, ja päällystyslaitteiston kuluminen vähenee. Yleisiä voiteluaineita ovat kalsiumstearaatit ja vaha-emulsiot. Optisilla kirkasteilla parannetaan lopputuotteen vaaleutta korkeammalle tasolle kuin olisi mahdollista pelkästään pigmentin, lisäpigmentin tai sellun omalla vaaleudella. Vaaleuden lisäämiseen perustuu kirkasteen ominaisuuteen absorboida ultraviolettiloa ja heijastaa se takaisin näkyvän valon alueella. (Lehtinen 2000, s. 292 - 296; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003 s. 189.)

3 Reologia

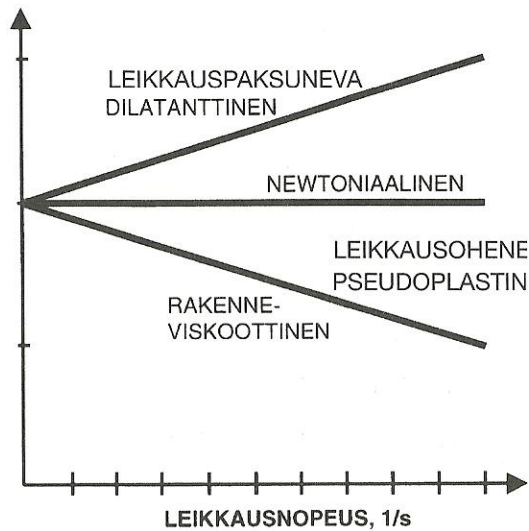
Reologia - käsite määritellään tieteenä, joka tutkii aineen muodonmuutosta (deformaatiota) ja virtausta rasituksen alaisena. Muodonmuutoksia on kolmea perustyyppiä: palautuvaa (elastista), peruuttamatonta (virtaavaa) ja viskoelastista. Elastisessa deformaatiossa aineen sisäinen rakenne säilyy ehjänä. Peruuttamattomassa deformaatiossa sisäinen rakenne rikkoontuu. Viskoelastisilla materiaaleilla on molempien kahden ensinnä mainitun ominaisuuksia, joiden seurauksena aine rasituksen loputtua palautuu tietyissä määrin aikaisempaan tilaansa. Huomioitavia asioita ovat riippuvuus ajasta ja materiaalien dynaaminen käyttäytyminen. Nesteet jaotellaan reologian perusteella Newtoniaalisiin, ei - Newtoniaalisiin, viskoottisiin ja viskoelastisiin nesteisiin. Päällystyspastat ovat usein ei - Newtoniaalisia, joiden viskositeetti ei pysy vakiona, kuten Newtoniaalisilla aineilla. Viskositeetti on tärkein suure nesteiden reologian kannalta. Päällystyspastojen reologiaan vaikuttavat eniten viskositeetti ja vesiretentio. Seuraavana oleva kuva 3.1 havainnollistaa reologian kannalta tärkeitä suureita ja niiden laskukaavoja. (Lehtinen 2000, s. 636 - 640; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 184 - 186; Annila 2006, s. 24.)



Kuva 3.1 Tärkeimmät reologiset käsitteet yksinkertaistettusti (Lehtinen 2000, 636)

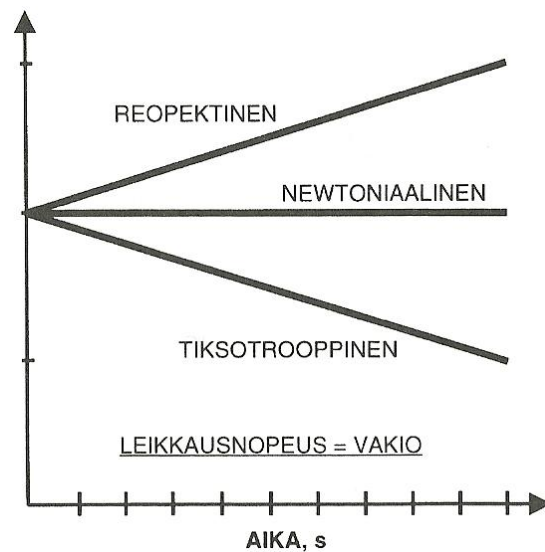
Edellisessä kuvassa 3.1 neste on rasituksen alaisena kahden vaakatasossa olevan levyn välissä. Alemman levyn ollessa kiinteä ja ylempään levyyn kohdistuessa voima F , levy liikkuu nopeudella V . Levyn liike aiheuttaa nesteeseen nopeus gradientin. Leikkausjännitys (Shear Stress) saadaan edellisessä kuvassa 3.1 esitetyllä kaavalla 1, jakamalla tarvittava voima levyn pinta-alalla. Leikkausjännityksen yksikkö on N/m^2 tai Pascal. Leikkausnopeus (Shear Rate) lasketaan kuvan 3.1 kaavalla 2, kaavassa nopeuden muutos jaetaan levyjen etäisyyden muutoksella. Leikkausnopeuden yksikkö on s^{-1} . Viskositeetti lasketaan kuvan 3.1 kaavalla 3, jossa leikkausjännitys jaetaan leikkausnopeudella. Viskositeetin yksiköksi saadaan leikkausjännityksen Pascalista ja leikkausnopeuden s^{-1} :sta $\text{Pa}\cdot\text{s}$ (Pascalsekuntia). (Lehtinen 2000, s. 636 - 637.)

Seuraavana olevasta kuvasta 3.2 on havaittavissa, kuinka leikkausohenevan pastan viskositeetti laskee leikkausnopeuden noustessa. Leikkausohenevan vastakohta on leikkauspaksuneva pasta, jonka viskositeetti kasvaa leikkausnopeuden kasvaessa. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 185.)



Kuva 3.2 Leikkauspaksuneva ja leikkausoheva käyttäytyminen (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003,186)

Seuraavasta kuvasta 3.3 on nähtävissä, kuinka tiksotrooppisessa käyttäytymisessä viskositeetti alenee rasituksen keston edetessä. Reopektinen käyttäytymisessä jossa viskositeetti kasvaa ajan kuluessa, ei yleisesti ole varsinaista käyttäytymistä. Reopektinen käyttäytyminen voi aiheutua haihtumisesta, kuiva-aine pitoisuuden tai ilmapitoisuuden kasvusta. Käytännössä reopektinen käyttäytyminen on harvinainen ongelma päällystyksessä. (Lehtinen 2000, s. 639 - 640; Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 185 - 186.)



Kuva 3.3 Reopektinen ja tiksotrooppinen käyttäytyminen (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 186)

Vesiretentiota voidaan mallintaa P. Letzelterin ja D. Eklundin teorian mukaisella kaavalla 2. Kaavalla 4 voidaan määrittää imeytyneen veden määrä m kohti paperin pinta-ala yksikköä. Kaavan yksiköt ovat C (paperin ja pastan ominaisuuksista riippuva vakio), Δp (paine joka aiheuttaa veden siirtymisen paperiin) ja t (aika, jonka paine kestää). (Päällystyspastojen reologiaseminaari.)

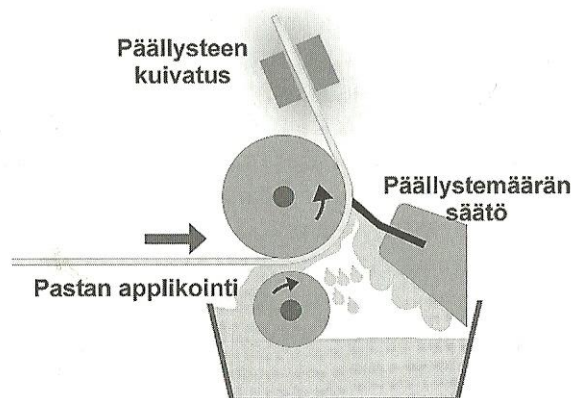
$$\frac{m}{A} = \sqrt{C \times \Delta p \times t} \quad (2)$$

4 Päällystys

4.1 Applikointimenetelmät

4.1.1 Sivelytelapäällystys

Sivelytelaa voidaan käyttää monissa tilanteissa päällysteen applikointiin. Se on toimiva valinta useimmille paperilaaduille ja päällystysnopeuksille, aina kartongin alle 500 m/min vauhdista, kevyesti päällystettyjen papereiden yli 1500 m/min nopeuksiin. Sivelytela-aseman pääkomponentit ovat applikointiallas, sivelytela ja vastatela. Seuraavana oleva kuva 4.1 havainnollistaa prosessin vaihteita.



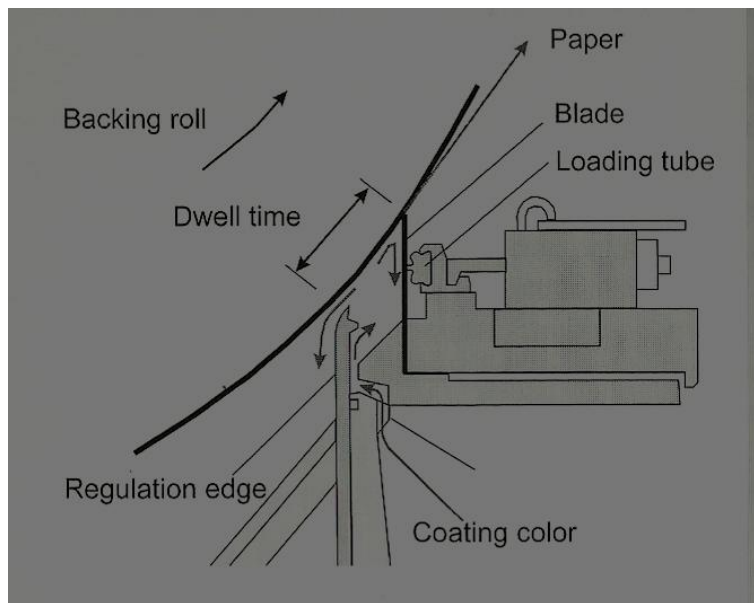
Kuva 4.1 Sivelytelapäällystysprosessin periaate (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 192)

Sivelytela pyörii osittain upotettuna applikointialtaassa, johon pastaa syötetään. Tela nostaa pastaa yläpuolella vastatela vasten kulkevalle paperiradalle. Päällistyksen tapahtuessa vakionopeudella, telojen välistä kulkevan päällysteen määrään vaikuttavat seuraavat tekijät: telojen välinen etäisyys, applikointitelan nopeus ja päällysteen viskositeetti. Pastan kulkeutuessa nippiin se altistuu painepulssille (0,4 - 4 bar) ja päällysteen neste alkaa penetroitua paperiin. Aika, joka nipissä kuluu, on välillä 2 - 5 ms. (Lehtinen 2000, s. 416 - 419. ; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 191 - 192.)

Penetroitumisen seurauksena paperin pintaan jää saostunut kerros pigmenttiä. Lisäksi paperin kuidut turpoavat ennen kaavintaa, mikä lisää karheustilavuutta, joka mahdollistaa suuret päällystysmäärät. Edellinen kuitenkin edellyttää myös suuria teräpaineita kaavinnassa. Nipin auetessa paine laskee, ja päällystekerros jakautuu kahteen osaan: toinen jää paperin pintaan ja toinen palaa telan pinnalle ja kulkeutuu applikointialtaaseen. Viipymäaika ennen pastan kaavintaa applikoinnin jälkeen on 20 - 50 ms, tämän takia sivelytela - applikointia kutsutaan myös pitkäviipymäapplikoinniksi (long dwell time applicator). Ns. viipymäalueen pituus, joka osaltaan määrää viipymäajan, voi olla jopa 600mm. (Lehtinen 2000, s. 416 - 419. ; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 191 - 192.)

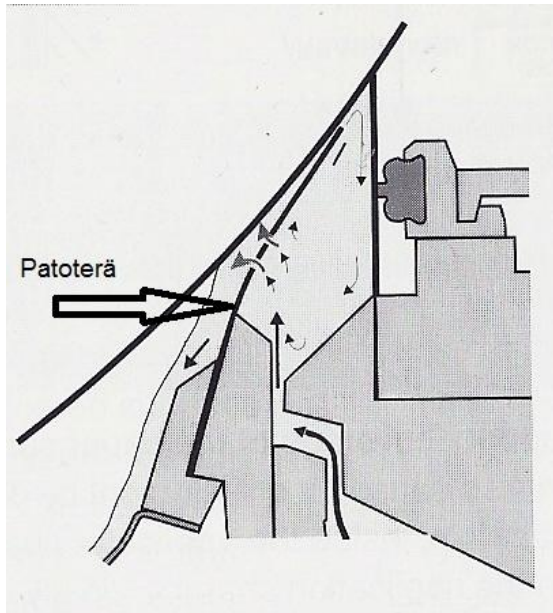
4.1.2 Lyhytviipymäpäällistys

Lyhytviipymäapplikoinnissa päällystepasta johdetaan juuri ennen terää sijoitettuun applikointikammioon. Seuraavana oleva kuva 4.2 havainnollistaa lyhytviipymäpäällistystyksen toimintaperiaatetta ja rakennetta. Päällystettä pumpataan applikointikammioon (1), päällystettävä paperi muodostaa kammion yhden sivun (2), paperin liike saa aikaan pyörteen kammiossa olevassa pastassa (3), säätöreuna ja paperin välinen pastan ulosvirtaus ehkäisee ilman pääsyä applikointialueelle (4), kaavintaterällä säädetään haluttu päällystemäärä. (Lehtinen 2000, s. 424; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 192 - 183.)



Kuva 4.2 Lyhytviipymäpäällistyksen toimintaperiaate (Lehtinen 2000, 424)

Yleisesti viipymäalue jossa paperi on kontaktissa pastaan, on 30 - 50 mm pitkä ja 1000 - 1500 m/min konenopeudella viipymäajaksi saadaan 1,2 - 3ms. Lyhyen kontaktin seurauksena pohjapaperi ei kastu merkittävästi ja menetä vahvuuttaan. Applikointikammion ylipaine on yleisesti 10 - 20 kPa, ja sitä voidaan säätää osittain pastan syöttömäärällä ja säätöterän aukolla. Yleisesti säätöreunan aukko on kokoluokkaa 3 - 7 mm. Erityisesti suurilla nopeuksilla lyhytviipymäapplikoinnissa ongelmia esiintyy päällysteen vanaisuutena ja applikointialueelle päässeen ilman aiheuttamana laikullisuutena. Vanaisuuden vähentämiseksi on kehitetty useita modifikaatioita perinteiseen lyhytviipymäpäällystimen rakenteeseen. Yksi ratkaisu on korvata säätöreuna patoterällä, joka ulottuu säätöreunaa pitemmälle ja hillitsee kammion turbulenttisia virtauksia paperiradan lähellä. Patoterässä olevien reikien avulla järjestetään takaisinvirtaus applikointikammios- ta. Seuraavana oleva kuva 4.3 esittää patoterällä varustettua lyhytviipymäpääll- lystintä. (Lehtinen 2000, s.431 - 432 Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s, 192 - 193.)



Kuva 4.3 Patoterää käyttävä lyhytviipymäpäälystin (Lehtinen 2000, 432)

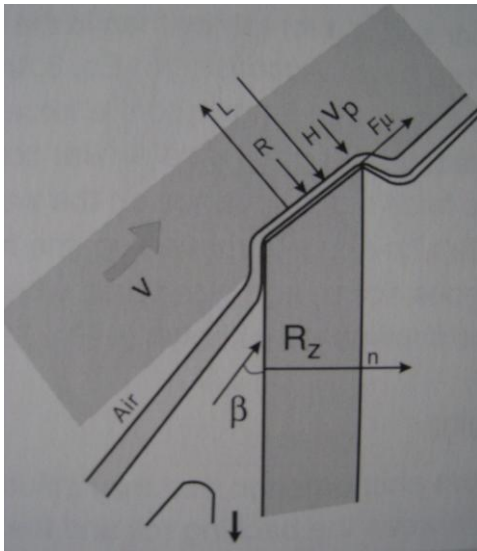
Lyhytviipymäpäälystystä käytetään normaalisti 6 - 11 g/m² päälystysmäärillä. Tätä suuremmat päälystemäärät eivät ole käytännöllisiä, koska terän kuormitustaso laskee liian pieneksi tasaisen päälystysprofiilin saavuttamiseksi. Lähtökohtaisesti terän kuormitus on matalammalla tasolla kuin esimerkiksi sivelytela-applikointia käytettäessä. (Lehtinen 2000, s. 429.)

4.2 Teräpäälystys

Kaavinterää käytetään monissa päälystysmenetelmissä, kuten lyhytviipymä- ja sivelytelapäälystyksessä lopullisen päälystemäärän säätämiseen applikoinnin jälkeen. Kaavinterän materiaalina käytetään jousiterästä. Päälystimen ollessa poissa käytössä, kaavinterän säädettävää teräpainetta L vastustaa ainoastaan vastakkainen reaktiovoima R. Kuva 4.4 havainnollistaa terään ja kaavintaan vaikuttavia muuttujia.

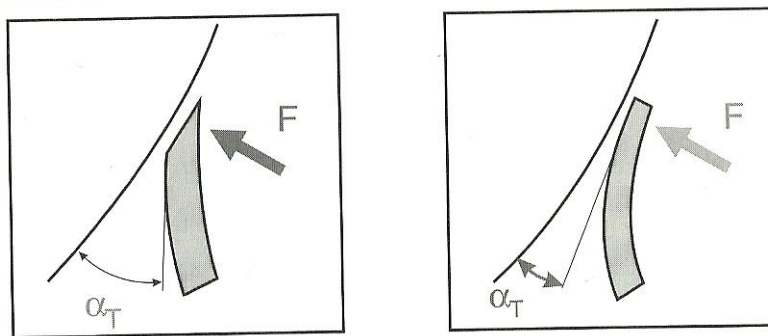
Tyypillisesti terän paine puristaa paperia ja vastatelan kumipinnoitetta kasaan merkittävästi. Päälystettäessä paperia monia muuttujia on otettava huomioon. Terän ja paperin välistä kitkaa F_{μ} vähentää pastan voiteleva vaikutus. Viskoelastinen voima V_p muodostuu paperin ja vastatelan kumipinnoitteen puristumisesta liikkeessä. Terään kohdistuvaan impulssivoimaan R_z vaikuttavat pääl-

lysteen massavirta ja ajonopeus V . Hydrodynaaminen voima H syntyy kitkallista virtauksesta kahden tason välissä. (Lehtinen 2000, s. 446 - 447)



Kuva 4.4 Terään ja paperiin vaikuttavat voimat (Lehtinen 2000, 447)

Teräkaavinnassa voidaan erottaa kaksi toisistaan poikkeavaa kaavintaprosessia: suurkulma- ja pienkulmapäälystyks. Seuraavana oleva kuva 4.5 havainnollistaa suurkulma- ja pienkulmapäälystyksen eroja. (Lehtinen 2000, s. 443 - 444; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 196.)



Kuva 4.5 Suurkulma- ja pienkulmapäälystyksen erojen vertailua (Lehtinen 2000, 433)

Suurkulmapäälystyksessä terän viistetty kärki on paperia ja vastatelaan vasten ja terän kulma α_t on $25 - 50^\circ$. Suurkulmapäälystystä voidaan käyttää pienillä ja keskisuurilla päälystemäärillä. Pienkulmapäälystyksen erona on se, että terän sivu kärjen asemasta on paperia vasten ja kulma α_t on $0 - 15^\circ$.

Pienkulmalla hydrodynaaminen voima on suurempi kuin suurkulmapäälystyksessä, joka mahdollistaa suuremmat päälystemäärät. (Lehtinen 2000, s. 443 - 444; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 196.)

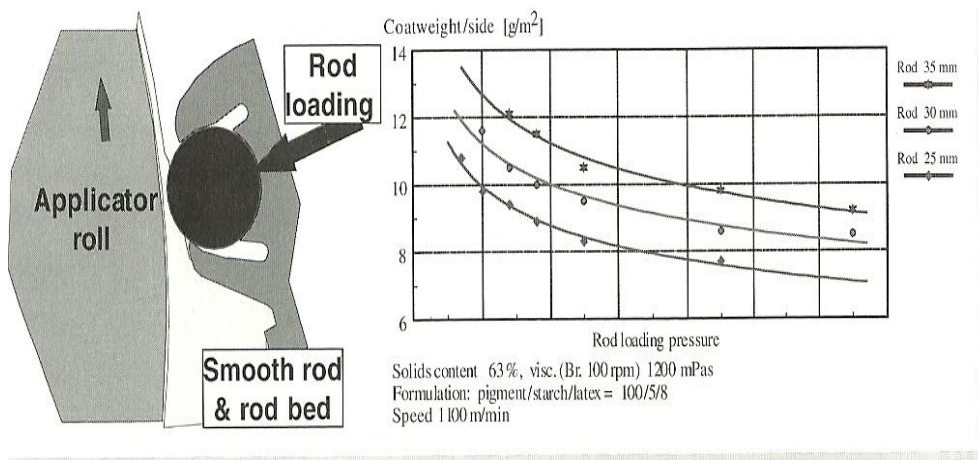
4.3 Filminsiirtopäälystys

Filminsiirtopäälystyksessä pasta applikoidaan ja kaavitaan telan pinnalle, josta se siirtyy telanipissä osittain päälystettävälle paperille. Useista applikointimenetelmistä lyhytviipymäpäälystimiin pohjautuvat ratkaisut ovat yleisimpiä. Niiden suosio perustuu kaksipuoliseen päälystykseen tarkoitetun laitteiston vaatimaan pieneen tilaan, alhaiseen hintaan ja helppoon päänvientiin. (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 196.)

Päälystemäärän säädössä käytetään terä- ja sauvakaavintaa. Uritetuilla sauvoilla säätö perustuu lähes täysin urien tilavuuteen ja profiiliin, jolloin suuremmilla urilla suurempi määrä pastaa pääsee läpi. Lisäksi sauvan kuormitus vaikuttaa vähäisesti. Viskositeetilla ei ole merkittävää vaikutusta. Applikointitelan pinnoitteen kovuus on huomioitava, koska urat voivat painua osittain sisään ja toisaalta liian kova pinnoite voi kuluttaa uria liikaa. Urasauvan halkaisija on normaalisti välillä 10 - 25 mm. Pigmenttiä valittaessa on otettava huomioon sen kuluttavuus urille. Suuri halkaisijalliset urasauvat on kehitetty lisäämään kulutuskestoa, ja ne ovat ominaisuuksiltaan enemmän sileän sauvan kaltaisia. Korkeilla kuiva-ainepitoisuuksilla hydrodynaamiset voimat ovat hallitsevia, jolloin erot päälystemäärissä ura- ja sileänsauvan välillä ovat olemattomat. Lisäksi kulutuskestävyys paranee koska sauvan ja applikointitelan välillä ei ole merkittävää suoraa kontaktia, ja lisäksi niillä on suuri kontaktipinta-ala. (Lehtinen 2000, s. 501 - 504.)

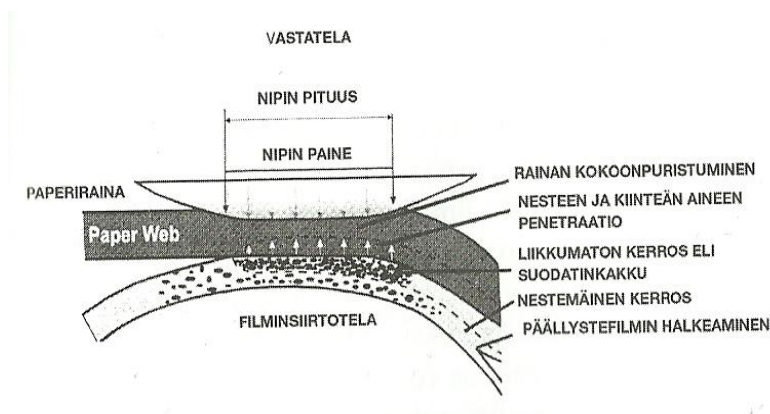
Käytettäessä sileitä sauvoja päälystepasta muodostaa virratessaan telan ja sauvan välistä hydrodynaamisen voiman. Ajossa päälystemäärää säädetään sauvan kuormituksella. Muuttamalla sauvan halkaisijaa voidaan säätää karkeasti aluetta jolle, lopullinen päälystemäärä asettuu, esimerkiksi suuremmalla sauvalla saadaan suurempi päälystemäärä. Viiden millimetrin koon lisäyksellä päälystemäärä kasvaa noin 1 g/m^2 . Pastan ominaisuudet ovat myös merkittävä tekijä telalle muodostuvan filmin painossa. Kuiva-ainepitoisuuden lisääminen 1 %:lla nostaa päälystemäärää noin 1 g/m^2 .

Seuraavana oleva kuva 4.6 havainnollistaa päällystemäärän kehitystä kolmella eri halkaisijaisella sauvalla verrattuna toisiinsa. (Lehtinen 2000, s. 502.)



Kuva 4.6 Sileän sauvan halkaisijan vaikutus päällystemäärään (Lehtinen 2000, 502)

Teräkaavintaa voidaan myös hyödyntää filmisiirrossa nopeusalueella 200 - 600 m/min pigmenttipäällystyksessä. Terän kavitoinnin ehkäisemiseksi käytetään ns. kaksoiskuormitettua terärakennetta. Terän kärjen kuormitusletkulla ehkäistään vain viirutus ja muut ongelmat. Terän keskialueen kuormituksella puolestaan säädetään applikointitelalle menevän päällysteen määrä. Seuraavana oleva kuva 4.7 havainnollistaa päällysteen siirtymistä applikointitelalta paperiin yksipuolisessa päällystyksessä. (Lehtinen 2000, s. 503; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 198.)



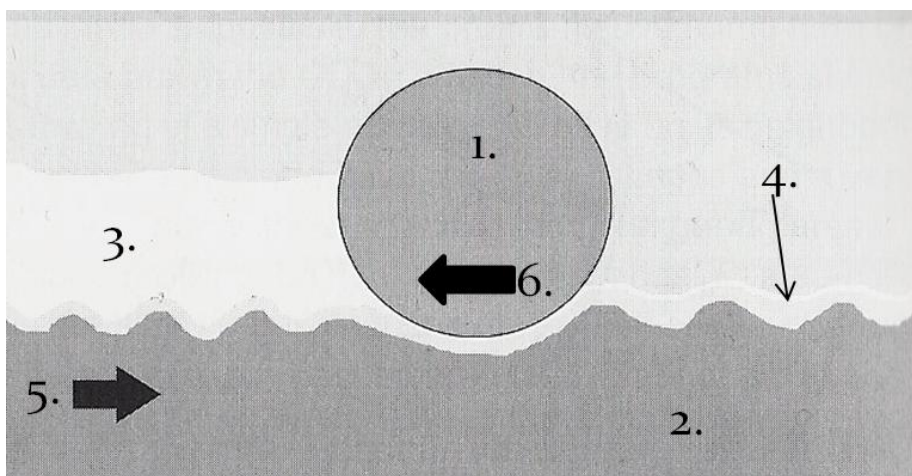
Kuva 4.7 Päällysteen siirtyminen telalta paperille telanipissä (Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, 197)

Edellisessä kuvassa 4.7 nipin paineen alkaessa vaikuttaa päällysteeseen siinä oleva neste ja myös kiinteät partikkelit pastassa alkavat penetroitua paperiin. Samalla suodatinkakku, joka tunnetaan myös liikkumattomana kerroksena, alkaa muodostua paperin pintaan, erottuen nestemäisestä päällystekerroksesta. Nipin auetessa päällystefilmi jakautuu kahtia ja noin 70 - 80% jää paperin pintaan lopun jäädessä applikointitelalle. Saatu päällyste on kerrospaksuudeltaan ja peitoltaan tasaisempi verrattuna teräpäällystyksellä saatuun. (Lehtinen 2000, s.509 - 510; Häggblom-Ahnger & Komulainen 2003, s.197.)

4.4 Sauvapäällystys

4.4.1 Yleistä

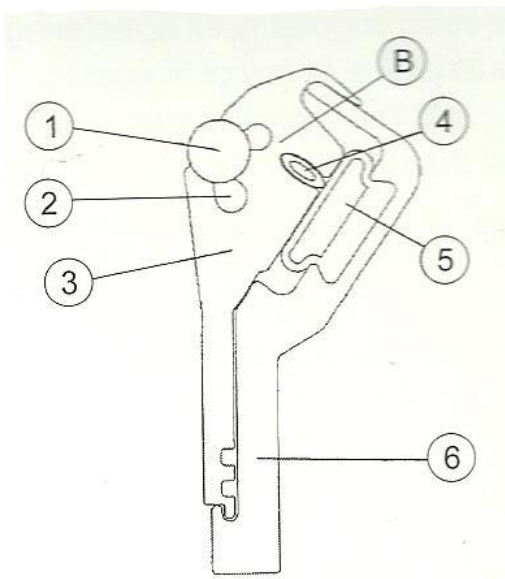
Sauvapäällystys ero nykyisin laajasti suosittuun teräpäällystykseen on tapa, jolla paperirataan applikoidun pastan määrä säädetään sopivaksi. Itse applikointi voi olla samalla tavalla toteutettu, kuten esimerkiksi applikointitelalla. Huolimatta siitä että sauvapäällystyksellä ei päästäkään samoihin nopeuksiin kuin muilla menetelmillä, käytetään sitä edelleen kohteissa, joissa sen ominaisuudet ovat edelleen vertailukelpoisia. Seuraavana oleva kuva 4.8 havainnollistaa sauvapäällystysperiaatetta. Liitteenä kaksi oleva kuva 2.1 havainnollistaa Voith Paper: in Speed Sizer filmipäällystintä, joka hyödyntää kaavinsauvaa. Lisäksi liitteen kaksi kuvasta 2.1 on nähtävissä esimerkki moottorin kytkemisestä kaavinsauvaan.



Kuva 4.8 Sauvapäällystysperiaate (Lehtinen 2000, 462)

- 1. kaavinsauva
- 2. paperi
- 3. applikoitu pasta
- 4. kaavittu pasta
- 5. paperin kulkusuunta
- 6. sauvan pyörimissuunta

Sauvapäälystimen pääosia ovat sauvayksikkö, ja runkorakenne johon sauvayksikkö kiinnittyy. Runkorakenteen liikuttelu ajo- ja huoltoasennon , sekä mahdollinen ajonaikainen säätäminen edellyttävät tapauskohtaista säätölaitteistoa. Sivelytela on yleensä kromipintainen ja pyörimissuunta rainan kulkusuuntaa vastaan. Kaavinsauva on yleensä kiinnitetty hahloon, joka on metallia tai muovia. Hahlon pohjaan sauva voidaan kiinnittää joko yhtenäisellä painin levyllä, erillisillä pitimillä tai magneettisesti. Sauvan materiaali on perinteisesti usein ollut kovakromattua terästä. Pitkät kaavinsauvat voivat vaatia pyöritysmoottorin molempiin päihin vääntövarähtelyn ehkäisemiseksi. Seuraavana oleva kuva 4.9 havainnollistaa sauvayksikön rakennetta. (Arjas 1983, s. 1314; Metsäteollisuuden Työnantajaliitto 1983. s. 71)



Kuva 4.9 Esimerkki sauvayksikön rakenteesta (Lehtinen 2000, 464)

Edellisen kuvan 4.9 numeroidut osat ovat 1 kaavinsauva, 2 voiteluvesikouru, tukirakenne, 4 ylimääräinen kuormitusletku, 5 kuormitusletku ja 6 runkorakenne. Aikaisemmin sauvat valmistettiin teräksestä ja olivat mahdollisesti kromipäälystettyjä. Tekniikan kehittyminen on mahdollistanut sauvojen keraamisen päälystykseen, joka parantaa kulutuksen kestoa verrattuna vanhoihin materiaaleihin. Tyypillisesti sauvan ja tukirakenteen vaihtoväli kartonkikoneella edellä kuvatuilla ominaisuuksilla on 2 - 6 viikkoa. Liitteenä 2 olevassa kuvassa 2.1 (Lehtinen 2000, s. 464.)

4.4.2 Ominaisuudet

Sauvapäälystystä käytetään kartongin ja erikoispaperilajien päälystämiseen. Menetelmän suurin yksittäinen etu teräpäälystykseen nähden on se, että sauvan pyörimisen vaikutuksesta lika tai irtonaiset kuidut huuhtoutuvat pois pastan takaisinvirtauksen mukana. Teräpäälystyksessä vastaavat partikkelit jättäisivät pitkiä juovia osuessaan terän alle. Tästä syystä sauvapäälystystä suositaan päälystettäessä karkeammasta kuidusta valmistettuja tuotteita, tai kun päälyste on herkkä viiruttumiselle. Tyypillisesti sauvan pyörimisnopeus on välillä 100 - 300 r/min ja pyörimissuunta on radan kulkusuuntaa vastaan. Itse päälystemäärään sauvan pyörimisnopeuden vaikutus on olematon tai hyvin vähäinen (Metsäteollisuuden Työnantajaliitto 1983, s. 70 - 71; Lehtinen 2000. s. 464)

Toinen huomioitava ominaisuus on päälystemäärän rajallisempi vaihteluväli, kuin teräpäälystyksessä. Suurilla päälystemäärillä sauvalla ei ole mahdollista tuottaa tasaista kuormitusta koneen leveydeltä, johtuen sauvan jäykkyydestä ja siitä että joustoa järjestelmään syntyy vain kuormitusletkusta, joka on sauvan takana. Haluttaessa tehdä suuri muutos päälystemäärään, on tarpeellista vaihtaa sauvan halkaisija sopivammalle alueelle. Alhaisilla päälystemäärillä sauvan suhteellisen suuri pinta-ala vaatisi huomattavasti suuremman kuormituksen kuin terän kärki. Tästä johtuen sauvaan ja sen tukirakenteeseen kohdistuisi paljon kulutusta. Sauvapäälystyskone toimii tyypillisesti 7 - 11 g/m² päälystemäärän alueella jolloin profiili on lievästi huonompi kuin terällä. (Metsäteollisuuden Työnantajaliitto 1983. s. 71; Lehtinen 2000. s. 464)

4.5 Pastan valmistus

Normaali tapa esittää päällystypastan reseptin koostumus on antaa pigmentin määrä kuivana arvolla 100. Muiden komponenttien määrä ilmoitetaan painoprosentteina pigmentin kokonaismäärästä. Seuraavana oleva taulukko 4.2 havainnollistaa menetelmää käyttäen esimerkkinä LWC - syväpainoreseptin koostumusta. Huomion arvoista on, että esimerkkipasta sisältää kolmea eri pigmenttiä haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, s. 190)

Aine	Ominaisuus	Osa
Talkki	levymäisyys, sileys	60
Kaoliini	levymäisyys, sileys	35
Kalsinoitu kaoliini	optiset ominaisuudet	5
SB-lateksi	sitomislujuus	5
CMC	viskositeetin lisääjä	0,5
Ca-stearaatti	voiteluaine	0,5

Taulukko 4.1 LWC - syväpainopastan koostumus (Hägglom-Ahnger & Komulainen 2003, 191)

Kuvat

Kuva 2.1 Eri alueiden kaoliini pigmenttien rakenteiden vertailua, s.10

Kuva 2.2 Esimerkkejä PPC partikkelien muodoista ja kokoeroista, s. 14

Kuva 2.3 Sideaineen tarkoitus päällystyksessä, s. 15

Kuva 3.1 Tärkeimmät reologiset käsitteet yksinkertaistettuna, s. 18

Kuva 3.2 Leikkauspaksuneuva ja leikkausoheva käyttäytyminen, s. 19

Kuva 3.3 Reopektinen ja tiksotrooppinen käyttäytyminen, s. 19

Kuva 4.1 Sivelytelapäällistyksen periaate, s.20

Kuva 4.2 Lyhytviipymäpäällistyksen toimintaperiaate, s. 22

Kuva 4.3 Patoterää käyttävä lyhytviipymäpäällystin, s. 23

Kuva 4.4 Terään ja paperiin vaikuttavat voimat, s. 24

Kuva 4.5 Suurkulma- ja pienkulmapäällistyksen erojen vertailua, s. 24

Kuva 4.6 Sileän sauvan halkaisijan vaikutus päällystemäärään, s. 26

Kuva 4.7 Päällysteen siirtyminen telalta paperille telanipissä, s. 26

Kuva 4.8 Sauvapäällistyksen periaate, s. 27

Kuva 4.9 Esimerkki sauvayksikön rakenteesta, s. 28

Taulukot

Taulukko 2.1 Esimerkki pigmentin ominaisuuksien muutosten vaikutuksista, s. 7

Taulukko 2.2 Pigmentin vaikutus lopulliseen päällystystulokseen, s. 8

Taulukko 2.3 Englantilaisen, brasialaisen ja georgialaisen kaoliinin vertailu, s.9

Taulukko 2.4 Tyypillisten kalsinoitujen kaoliinien ominaisuuksia eri valmistus lämpötiloilla, s. 11

Taulukko 2.5 SB-, PVAc- ja akrylaattilateksin vaikutukset päällystyksessä, s. 16

Taulukko 4.1 LWC - syväpainopastan koostumus, s. 30

Lähteet

Annala, M. 2006. Päälysteen reologiaan vaikuttavat tekijät. Tampereen ammattikorkeakoulu. Kemian tekniikan koulutusohjelma. Tutkintotyö. <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8618/TMP.objres.579.pdf?sequence=2> Luettu 11.3.2012

Arjas, A. 1983. Paperin valmistus. 2. painos. Turku: Oy Turun sanomat/Serioffset

Hammarberg P. Kartongin päällystys kurssimateriaali 28-29.1.1998 Metsäteollisuuden koulutuskeskus Metsko.

Hägglom-Ahnger, U. Komulainen, P. 2003. Kemiallinen metsäteollisuus II paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Lehtinen, E. 2000. Pigment coating and surface sizing of paper. Jyväskylä: Fapet Oy.

Metsäteollisuuden Työnantajaliitto. 1983. Puusta paperiin M-507 pigmenttipäällystys. Myllykosken kirjapaino Oy.

Nieminen M, Nurminen E. Metallien kemia titaanidioksidi ja rautasulfaatti. <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/aineistot/metallit/valmistus.htm> Luettu 25.3.2012

Päällystyspastojen reologiaseminaari. ACA Systems OY. 11.4.2006

Strand, M./1998 Kartongin päällystys kurssimateriaali 28 -29.1.1998 Metsäteollisuuden koulutuskeskus Metsko

Voith Paper. Speed Sizer.

http://www.voithpaper.com/applications/documents/document_files/p3336e_speedsizer_FT_880.pdf. Luettu 10.11.2012