TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ACA AX100 – VISKOSIMETRIN KÄYTTÖÖNOTTO JA HYÖDYNTÄMINEN LAADUNVARMISTUKSESSA

Ville Helenius

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2019
Biotuotetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka

HELENIUS VILLE
ACA AX100 viskosimetrin käyttöönotto ja hyödyntäminen laadunvarmistuksessa

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 9 sivua
Huhtikuu 2019

Tämä opinnäytetyö tehtiin Metsä Board Takon kartonkitehtaalla. Työn tarkoituksena oli selvittää viskositeetin vaikutus päällystyspastojen käyttäytymiseen korkeissa leikkausnopeuksissa ja kertoa yleisesti käytettävistä raaka-aineista päällystyspastan valmistuksessa. Työn toisena tavoitteena oli tehdä käyttöohjeet yhteistyössä ACA Systems Oy:n kanssa, ACA AX100 viskosimetrin käyttöönottoa varten.

Päällystyspasta on tärkeä osa kartongin valmistusta. Päällystyspastan tehtävä on parantaa kartongin ulkonäköä ja painettavuusominaisuuksia, sekä myös antaa kartongille pintalujuutta. Päällystyspastan raaka-aineina käytetään eri päällystyspigmenttejä ja sideaineita, sekä lisäksi tarvittavia lisäaineita, jolla pastan ominaisuuksia saadaan parannettua.

Opinnäytetyö teoriaosuudessa kerrotaan pastanvalmistuksesta ja päällystysmenetelmistä, sekä pastassa käytettävistä raaka-aineista. Lisäksi teoriaosuudessa on kirjoitettu ACA AX100 viskosimetrin käyttöohjeet. Kokeellisessa osuudessa oli kaksi eri pastalajia: pinta- ja alupasta. Pastoja analysoitiin viskometrillä (ACA AX100), muuttamalla pastojen ominaisuuksia.

Asiasanat: viskositeetti, leikkausnopeus, päällystys, reologia

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Bioproduct and Process Technology
Bioproduct Technology

VILLE HELENIUS:
ACA AX100 viscometer's commissioning and utilization in quality assurance process

Bachelor's thesis 56 pages, appendices 9 pages
April 2019

This final thesis was carried out at Metsä Board Tako-paperboard mill. Besides the general presentation of the raw materials used in the process of manufacturing the coating colour, the targeted outcome was to determinate the effect of viscosity change to the behaviour of the coating colours during high shear rate cutting process. One of the additional outcomes of the thesis was to create the User's Guide for the commissioning of ACA AX100 viscometer in collaboration with ACA Systems Oy.

Coating colour is a key element in the process of paperboard manufacturing process. In addition to increasing the surface strenght of paperboard, the coating layer also improves the look and printability of the finished material. Various pigments and adhesives are used as raw-material in the manufacturing of paperboard. Also ingredients is been used to improve the qualities of the coating colour.

The theory part of the thesis contains a general description of the process, methods and raw-materials used in the manufacturing of the coating colour material. Also the User's Guide for the ACA AX100 viscometer is included in the theory section. The empiric section of the thesis focuses into two different types of liner used: pre coating and top coating . Coating colours were analysed using the ACA AX100 viscometer, and by changing the dry solid content and coat weight of coating layer.

Key words: viscosity, shear rate, coating, rheology

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 5
2 PAPERIN JA KARTONGIN PÄÄLLYSTYS 6
2.1 Yleistä 6
2.2 Päällystysmenetelmät 7
2.3 Teräpäällystys 9
2.4 Sauvapäällystys 10
3 PIGMENTIT 11
3.1 Pääpigmentit 12
3.1.1 Kaoliini 12
3.1.2 Kalsiumkarbonaatti 13
3.1.3 Talkki 14
4 SIDEAINEET 15
4.1 Lateksit 15
4.2 Tärkkelys 15
4.3 CMC 16
4.4 PVA 18
5 LISÄAINEET JA HYÖDYKKEET 19
5.1 Dispergointiaineet 19
5.2 Optinen kirkaste 19
5.3 Vaahdonestoaine 20
6 PASTAN REOLOGIA 21
6.1 Vesiretentio 21
7 VISKOSITEETTI 23
8 HIGH SHEAR RATE VISKOSITEETIN MUUTOKSEN VAIKUTUKSET PÄÄLLYSTYKSESSÄ 24
8.1 Viskositeettitaso 24
8.2 Käyrän muoto 24
9 ACAV AX100 26
10 ACA AX100 KOEAJOT 27
LÄHTEET 28
LIITTEET 30

1 JOHDANTO

Päällystys on yksi erittäin tärkeä osa-alue kartongin valmistusprosessista. Päällystyksessä kartongin pinnalle levitetään pigmenttipäällystekerros, joka tasaa kartongin pinnan epätasaisuudet ja antaa kartongille sille haluttuja ominaisuuksia, kuten painettavuus ja optiset ominaisuudet. Jotta päällystysprosessi saadaan toimivaksi, on tärkeää, että käytettävät raaka-aineet ovat määrältään ja kemialliselta koostumukseltaan oikeat. Päällystyspasta ja siihen käytettävät raaka-aineet ovat nestemäisiä tai muussa tapauksessa ne lietetään nestemäisiksi. Tämä johtaa siihen, että pastan ja raaka-aineiden viskositeetti on prosessissa suuressa roolissa, ajeltaessa päällystettä pohjakartonkiin suurilla ajonopeuksilla.

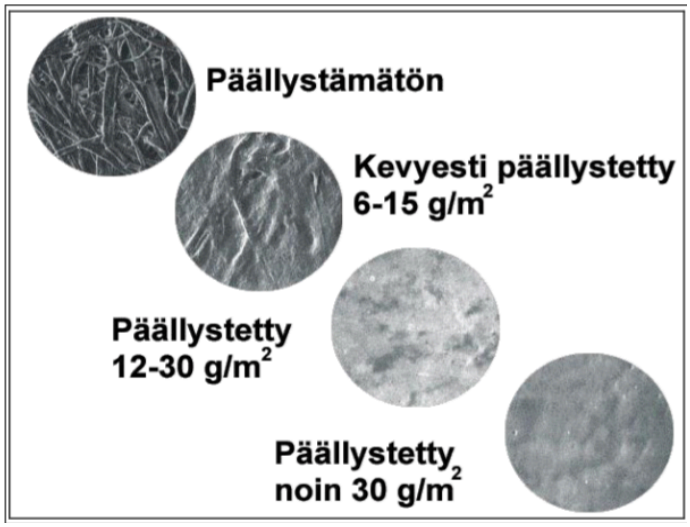
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suorittaa uuden viskosimetrin, ACA AX100:n käyttöönotto ja tähän liittyen kerätä ja analysoida tietoa mittaamalla laitteen antamia tuloksia, yhteistyössä Metsä Board Takon ja ACA Systems Oy:n kanssa. Laite oli prototyyppi ja käyttöönoton aikana laitetta kehitettiin ja päivitettiin niin rakenteellisesti, kuin myös tietoteknillisesti käyttäjälle mieluisemmaksi. ACA AX100 viskosimetrillä seurattiin, minkälaiset vaikutukset ovat päällystyspastojen viskositeettiin, pastojen ominaisuuksien muuttuessa ja miten tämä vaikuttaa eri päällystyspastojen viskositeettiin, korkeilla leikkausnopeuksilla. Kyseessä Opinnäytetyössä on kerrottu raaka-aineiden rooleista päällystyspastan valmistuksessa ja minkälaisia päällystysmenetelmiä on yleisesti käytössä. Lisäksi on kerrottu ACA AX100 viskosimetrin käytöstä, laitteen osista, sekä laitteella ajettujen päällystyspastojen tuloksista ja tulosten analysoinnista.

2 PAPERIN JA KARTONGIN PÄÄLLYSTYS

2.1 Yleistä

Päällystäminen tarkoittaa paperin ja kartongin pinnoittamista erilaisilla aineilla. Päällystyksessä käytettäviä raaka-aineita ovat pigmentit, sideaineet, erilaiset lisäaineet ja hyödykkeet, sekä pintaliima. Lisäksi käytetään myös vahoja ja muoveja, sekä näiden yhdistelmiä. Päällystyksen tarkoituksena on paperin tai kartongin pinnan täyttäminen yhdellä tai useammalla päällystekerroksella. Päällystyksellä saadaan paperin ja kartongin pintojen epätasaisuudet täytettyä, sekä paranneltua ulkonäöllisiä ominaisuuksia. Päällystyksen tarkoituksena on myös painettavuusominaisuuksien parantaminen, sekä vaikuttaa paperin tai kartongin muiden ominaisuuksien parantamiseen, kuten jäykkyys ja veden, rasvan tai liuottimen kestoon /7/.

Pigmenttiä (esim. kaoliini, karbonaatti, talkki) ja sideainetta (esim. tärkkelys, lateksit), sisältävä päällyste levitetään vesiseoksena rainan pintaan tasaiseksi kerrokseksi. Tämän jälkeen päällysteessä oleva ylimääräinen vesi haihdutetaan päällysteen kuivaamiseen tarkoitetuilla erillisillä laitteilla. Päällystystapahtuma koostuu kahdesta vaiheesta, päällystyspastan applikoinnista, eli sivelystä ja päällysteen tasoituksesta. Joissakin menetelmissä nämä vaiheet on kuitenkin yhdistetty. Päällysteen eri määrät vaikuttavat suuresti paperin tai kartongin pintaan ja sitä kautta niiden ominaisuuksiin. /1/. Kuvasta 1.1 voidaan nähdä kartongin pinnan muutokset, suhteessa päällysteen määrään.



Kuva 2.1 Eri päällystemääriä /6/

Vaikkakin päällystys on erittäin tärkeä osa, ajatellen paperin ja kartongin painettavuus- ja ulkonäkö-ominaisuuksien kannalta, niin kuitenkin lopputuotteen laadun ratkaisee noin 80% pohjapaperi. Tästä syystä päällystyksellä ei voida peittää rainassa olevia virheitä. Hyvän lopputuloksen takaamiseksi vaaditaan sekä hyvin valmistettu pohjapaperi, että hyvä päällystys. Kun tavoitteena on säästää kuituraaka-aineiden menekkiä ja saada tuotettua korkealuokkaisempaa tuotetta niin pyritään siihen, että mahdollisimman paljon kartongin neliömassasta olisi päällystettä. /6/

TAULUKKO 2.1 Päällystyksen vaikutus

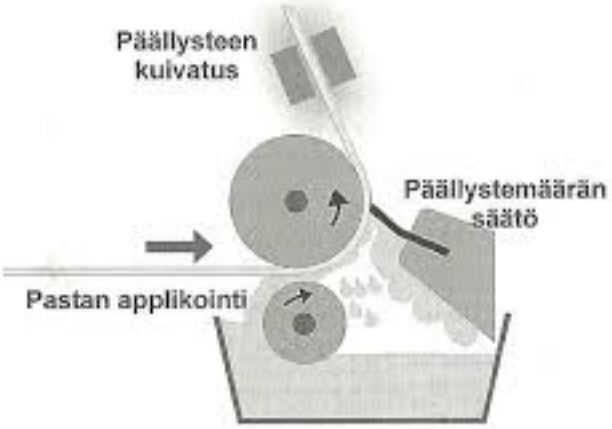
Päällystyksen vaikutus kartongin ominaisuuksiin
➢ Sileys paranee
➢ Painovärin absorptio pienenee
➢ Kiilto paranee
➢ Pölyävyys vähenee
➢ Opasiteetti paranee
➢ Ulkonäkö paranee

2.2 Päällystysmenetelmät

Päällystyksessä on yleisesti kaksi vaihetta: Näitä ovat päällystyspastan applikointi ja applikoidun päällystyspastan tasoittaminen. Päällystyksen jälkeen tapahtuu kuivatus eli ylimääräisen veden haihduttaminen pois erilaisilla päällysteen kuivatukseen tarkoitetuilla laitteilla /4/.

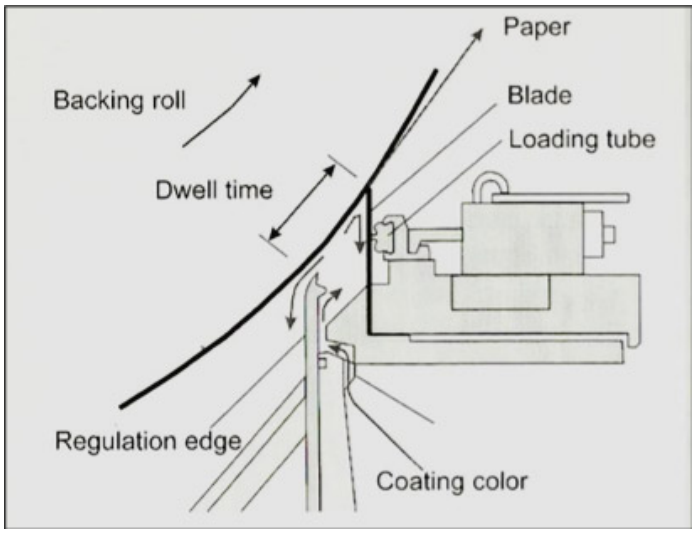
Paperin ja kartongin eri päällystystapoja on useita ja näistä teräpäällystys on yleisin päällystysmenetelmä. Lisäksi muita käytettyjä menetelmiä ovat esimerkiksi filminsiirtopäällystys, sauvapäällystys, ilmaharjapäällystys, verhopäällystys, sekä spray-päällystys /1/.

Paperin ja kartongin päällystyksessä on aina applikointitavasta riippuen, nimettyjä päällystysasemakonstruktioita. Tällaisia ovat muun muassa: Sivelytela-applikointi (pitkäviipymäapplikointi), lyhytviipymäapplikointi ja suutinapplikointi. Alla olevista kuvista 2.2 ja 2.3, voidaan nähdä sivelytelapäällystyksen ja lyhytviipymäpäällystyksen periaatteet /4/.



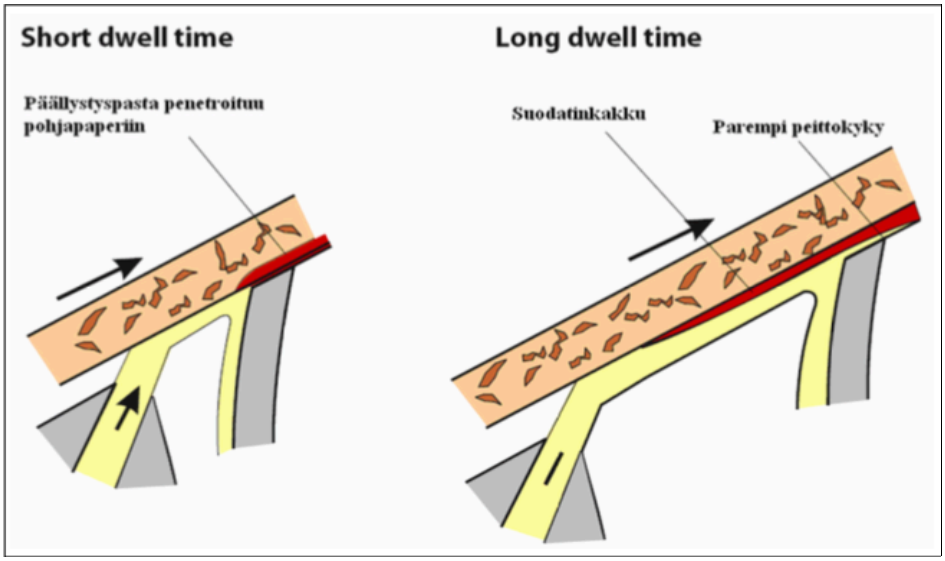
Kuva 2.2 Sivelytelapäällystyksen periaate /6/

Yläpuolella olevassa kuvassa nähdään sivelytelan periaate. Siinä on applikointiallas, jonne pasta syötetään. Sivelytela nostaa pastan vastatelalle ja paperi- tai kartonkiradalle. Kaavinterällä pystytään säätämään päällyste haluttuun määrään. Päällystemäärään vaikuttaa kuitenkin useampi tekijä. Näitä ovat esimerkiksi päällysteen viskositeetti, telojen etäisyys toisistaan ja applikointitelan nopeus. Sivelytelapäällystyksessä kontaktiaika on noin 20 – 50 ms ajonopeuden ollessa luokkaa 1000 – 1500 m/min /3/.



Kuva 2.3 Lyhytviipymäpäällystyksen periaate /3/

Lyhytviipymäapplikoinnin periaate toimii siten, että päällystepasta syötetään ns. applikointikammioon, ennen kaavintaterää. Päällystyspasta ajetaan applikointikammioon, josta paperin nopea liike saa kammiossa olevan pastan pyörteeseen, jonka avulla pasta syötetään paperin pinnalle. Kaavintaterällä voidaan säätää päällysteen määrää halutulle tasolle ja säätöreuna, sekä pastan ja paperin välinen ulosvirtaus suojaa niin, ettei ilma pääsee applikointialueelle. Lyhytviipymäpäällystyksessä paperi on kontaktissa pastaan noin 1,2 – 3 ms jos ajonopeus on luokkaa 1000 – 1500 m/min. Alla olevassa kuvassa 2.4 voidaan vielä nähdä periaate viipymäajan vaikutuksesta pastan kosteuden, sekä pastan penetroitumisesta pohjapaperiin. /3/



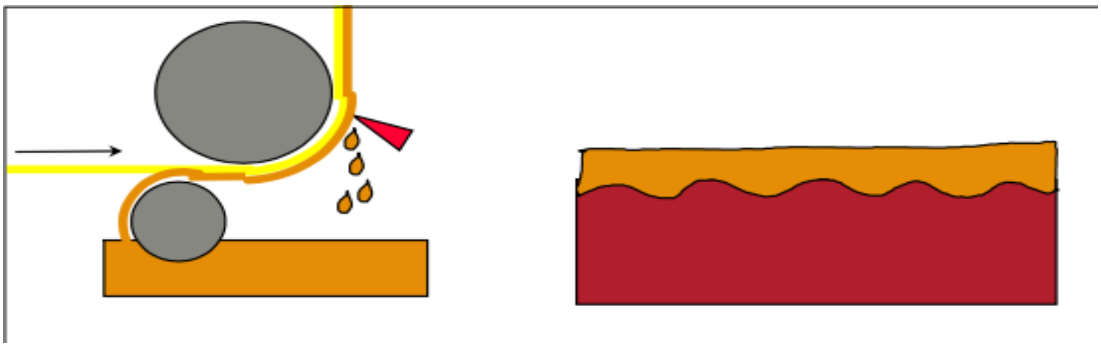
Kuva 2.4 Päällystyspastan penetroituminen lyhyellä- ja pitkällä viipymäajalla

2.3 Teräpäällystys

Erittäin usein päällystysmenetelmissä käytetään, niin lyhytviipymä- kuin sivelytelapäällystyksessäkin kaavinterää, jolla voidaan säätää päällystyspastan lopullista määrää applikoinnin jälkeen. Konenopeus teräpäällystysyksiköllä voi olla yli 1500 m/min ja pastan kuiva-ainepitoisuus voi olla jopa 65 %. Teräpäällystyksessä, päällystyspasta täyttää pinnan epätasaisuudet. Teräpäällystys antaa siis tasaisen pinnan, mutta epätasaisesti peittävän päällystekerroksen. /3/

Teräpäällystyksessä ensimmäisenä applikoidaan päällystyspasta paperin tai kartongin pintaan. Tämän jälkeen applikoitu pastakerros kaavataan käyttämällä taipuisaa tai viistet-

tyä terää. Erilaisten teräpäällystimien toimintamalli on sama, mutta ne erottuvat toisistaan, pastan applikointitavasta riippuen. Viipymäaika kaavauksen ja pastan applikoinnin välillä vaihtelee eri teräpäällystimien välillä. Joillakin teräpäällystimillä viipymäaikaa kaavauksen ja pastan applikoinnin välillä pystytään säätämään.

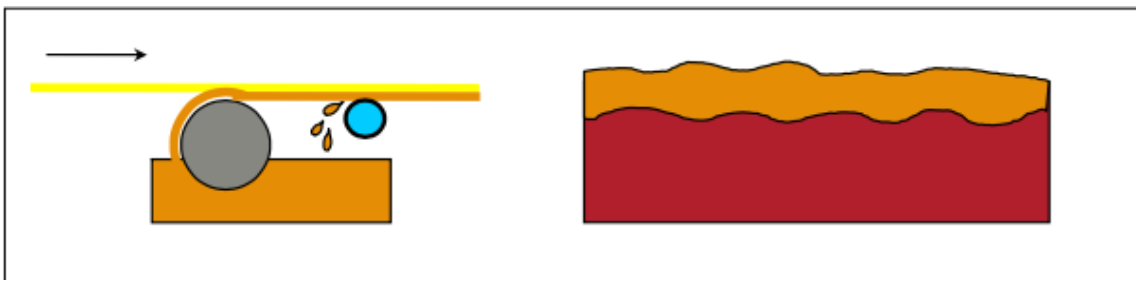


Kuva 2.5 Teräpäällystyksen periaate. /10/

2.4 Sauvapäällystys

Sauvapäällystyksessä pastan kaavinnassa käytetään nimensä mukaisesti sauvaa. Sauva pyörii vastakkaiseen suuntaan rataa nähden. Sauvapäällystyksen etuna on pienemmän paineimpulssin kohdistuminen pohjapaperiin. Tämä johtaa siihen, että likapartikkelit tai suuremmat pigmenttikimput siirtyvät kaavauksessa pastan paluuvirtaukseen, eikä näin ollen aiheuta ns. Teräviirua, mitä taas ilmenee teräpäällystyksessä /3/.

Päällystemäärät ovat sauvapäällystyksellä, kuiva-ainepitoisuuden ollessa noin 50-60 % noin 7-11 g/m^2. Sauvapäällystyksellä saadaan siis päällystekerrokselle enemmän peittokykyä kuin sileyttä. Sauvapäällystys seuraa päällystettävän pinnan muotoja. Alla olevassa kuvasta 2.6, voidaan nähdä sauvapäällystyksen periaate /3/.



Kuva 2.6 Sauvapäällystyksen periaate /10/

3 PIGMENTIT

Päällystyspasta koostuu suurimmaksi osaksi pigmenteistä. Pigmentit ovat käytännössä saviainesta ja ovat yleisimmin valkoista mineraalipohjaisia hiukkasia. Pastan koostumuksessa eli pastareseptissä, pigmenttien osuus on noin 75 – 95 %. Yleisimmät käytössä olevat pigmentit ovat kaoliini, kalsiumkarbonaatti ja talkki. Joskus saatetaan käyttää myös joitakin erikoispigmenttejä /6/.

Päällystykseen pigmentit vaikuttavat siten, että saadaan päällystettävästä pinnasta tasaisempi, kalanteroinnissa kiilto on parempi, vaaleus ja jäykkyys paranevat, painoväriabsorptio sopivaksi, sekä opasiteetti paranee ja läpipainatus vähenee. Pigmenttien partikkelit ja niiden kokojakauma vaikuttavat suuresti päällystyksen lopputulokseen. Alla olevasta taulukosta 3.1 nähdään ko. ominaisuuksien vaikutukset /6/.

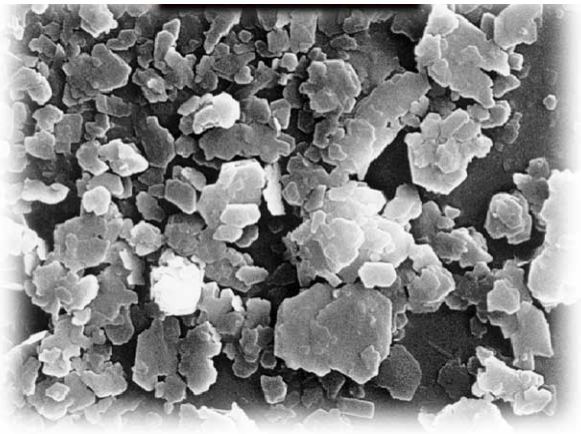
TAULUKKO 3.1 Pigmenttien ominaisuuksien vaikutus päällysteeseen.

Pigmenttien ominaisuus	**Pigmenttien vaikutus päällystykseen**
Hienojakoinen pigmentti	Kiiltävä päällyste
Levymäinen pigmentti	Kiiltävä päällyste
Laaja kokojakauma	Huono peittokyky, pakkautuminen
Levymäinen pigmentti	Hyvä peittokyky
Levymäinen pigmentti	Tiivis päällyste
Levymäinen pigmentti ja pieni kokojakauma	Leikkauspaksuneva pasta
Hienojakoinen pigmentti ja levymäinen pigmentti	Suuri sideaineen tarve

3.1 Pääpigmentit

3.1.1 Kaoliini

Kaoliini on hyvin yleisesti käytetty päällystyspigmentti paperin ja kartongin valmistuksessa. Kaoliini on kemialliselta koostumukseltaan alumiinisilikaattia ja sen partikkelit ovat levymäisiä tai kuusikulmaisia. Merkittävimmät kaoliiniesiintymät ovat Englannissa, Brasiliassa ja Yhdysvalloissa. Kaoliinin kemiallinen kaava on muotoa $Al_4Si_4O_{10}(OH)_8$ /6/.



Kuva 3.1 Levymäinen kaoliinipartikkeli (Knowpap v.19.0)

Kaoliinin esiintymät jaetaan kahteen kahteen eri luokkaan, primäärisiin ja sekundäärisiin. Primääriesiintymässä kaoliinin pitoisuus on noin 10 – 20 %. Primääriesiintymässä kaoliini on lähellä sen muodostamia kivilajeja. Sekundäärisissä esiintymisissä kaoliini on kulkeutunut alkuperäisestä kohteestaan esimerkiksi vesien mukana nykyisille esiintymisalueille. Kaoliinin pitoisuus sekundääriesiintymissä voi olla jopa 90 % luokkaa /6/.

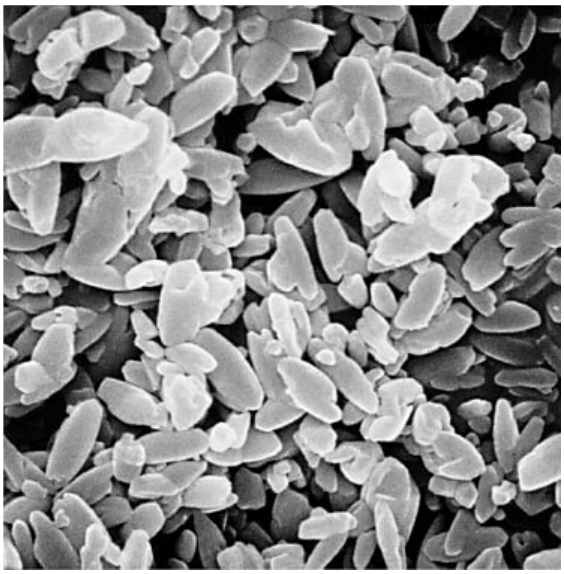
Kaoliinin käyttö esimerkiksi kartongin valmistuksessa johtuu sen hyvistä ominaisuuksista, joita ovat muun muassa kaoliinin partikkelikoko ja –jakauma, sekä partikkelin muoto. Muita ominaisuuksia ovat vaaleus, väri ja viskositeetti. Pastat joissa kaoliinia käytetään, ovat kaoliinin ansiosta helposti kiillottuvia ja ne heijastavat hyvin valoa. Lisäksi lämmitetty kaoliini (500 – 1000 °C) eli kalsinoitu kaoliini parantaa päällysteen bulkkia, painettavuutta ja valonsirontaa. Kaoliinin avulla saadaan hyvä peittokyky pienillä päällystemäärillä ja se toimii ominaisuuksiltaan hyvin syväpainossa /6/.

3.1.2 Kalsiumkarbonaatti

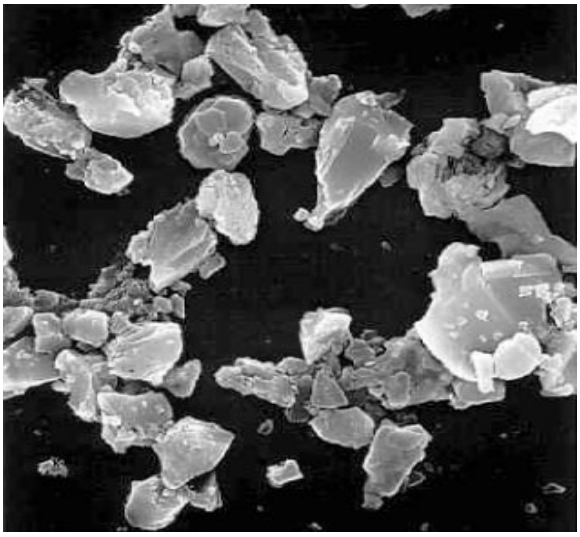
Toisena erittäin usein päällystyksenä käytetty raaka-aine on kalsiumkarbonaatti. Kalsiumkarbonaattia esiintyy luonnossa eri kivilajeissa kuten, kalkkikivessä, liitukivessä ja marmorissa. Kalsiitti ja aragoniitti ovat tärkeimmät kidetyypit. Kalsiitin partikkelin muodot voivat olla levymäinen, kuutiomainen tai prismaattinen. Aragoniitilla taas neulamaisia ja prismaattiisia. Kalsiumkarbonaatin kemiallinen kaava on $CaCO_3$ /3/.

Kalsiumkarbonaatilla on monta käyttöetua. Tällaisia ovat muun muassa: Alhainen viskositeetti, korkea kuiva-ainepitoisuus, mikä taas säästää energiaa, hyvä ajettavuus, hyvä opasiteetti, korkea vaaleus, korkea painojäljen kiilto, toimii hyvin esipäällystyksessä ja parantaa pintapäällystyksen tarttuvuutta. Kalsiumkarbonaatilla on myös korkea huokoisuus ja painoväriabsoptio ja jauhetulla karbonaatilla (GCC) on alhaisempi sideaineen tarve /6/.

Kalsiumkarbonaattia käytetään joko saostettuna (PCC) tai jauhettuna (GCC). Saostetun karbonaatin raekoko on jauhettua pienempi ja sillä on jauhettuun karbonaattiin verrattuna tasaisempi partikkelikokojakauma. Alla olevista kuvista 3.2 ja 3.3 nähdään jauhetun ja saostetun karbonaatin partikkelimuotoja /6/.



Kuva 3.2 Saostettu karbonaatti (PCC) (Knowpap v. 19.0)

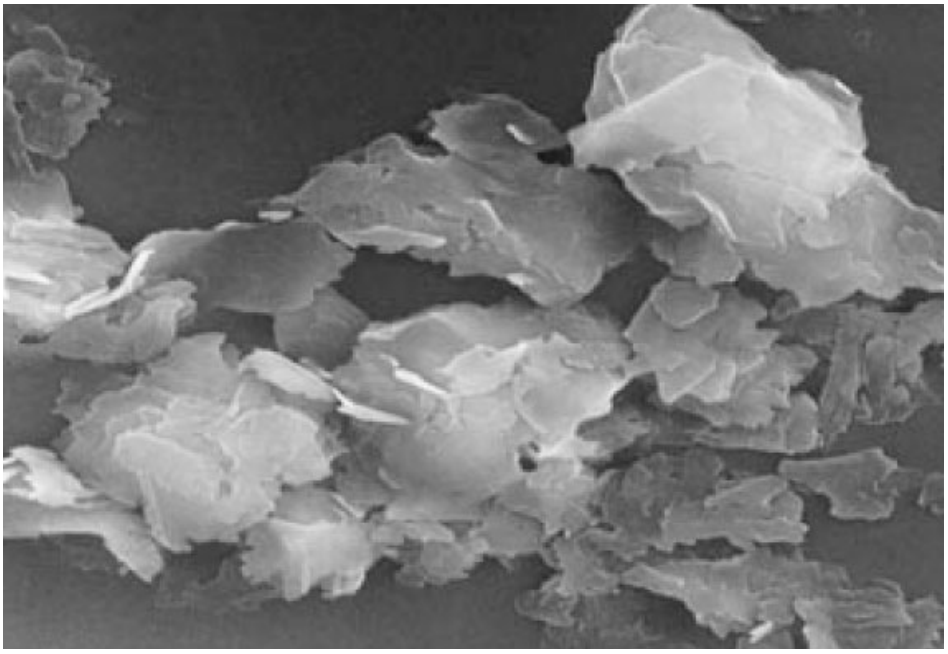


Kuva 3.3 Jauhettu karbonaatti (GCC) (Knowpap v. 19.0)

3.1.3 Talkki

Talkkia muodostuu vulkaanisessa ympäristössä. Talkki saadaan rikastamalla talkkikiveä ja rikaste jauhetaan ja pestään. Talkin määrä vaihtelee pastareseptissä 20 - 70 osaan, jos kyseessä on syväpainopasta. Talkin tiiviin ja sileän pinnan vuoksi soveltuu hyvin syvä-painoon /7/.

Talkin vaaleus on noin 86 – 89 %. Talkin hydrofobisuudesta johtuen sen lietto on vaikeaa. Talkki on rakenteeltaan levymäinen ja päällysteessä käytettynä se muodostaa tiiviin ja sileän pinnan. Pehmeytensä vuoksi, talkki kuluttaa viiroja, mutta kaavinterää vain vähän /7/.



Kuva 3.4 Talkin levymäinen partikkeli (Knowpap v. 19.0)

4 SIDEAINEET

Sideaineiden pääasiallinen tehtävä on saada sidottua käytettävä pohjapaperi ja pigmentit tosiinsa. Pastareseptistä ja loppukäytöstä riippuen, sideainetta käytettään noin 6 – 12 osaa. Sideaineilla on myös muita tärkeitä tehtäviä, kuten täyttää pigmenttihiukkasten jättämiä tyhjiä tiloja päällystyspastassa, sekä vaikuttaa päällystyksen virtausominaisuuksiin. /1/

Sideaineiden vaikutukset päällysteen ominaisuuksiin ovat muun muassa: hyvä vedenpidätyskyky, hyvä kalvonmuodostuskyky, suuri sitomiskyky, korkea vaaleus ja hyvä sekoittuvuus eri pigmenttien kanssa. Yleensä pastoissa käytetään noin 2-3 eri sideainetta, jolloin jokainen eri sideaine tuo oman vaikutuksensa pastaa. Sideaineet jaetaan yleensä kahteen eri pääryhmään: liukoiset sideaineet ja lateksit (polymeeridispersiot) /6/.

4.1 Lateksit

Polymeeridispersiot eli lateksit ovat maitomaisia, synteettisiä sideaineita. Niillä on hyvä sitomisvoima, hyvä märkälujuus ja alhainen viskositeetti. Lateksien ansiosta saadaan hyvä kalanteroitavuus sekä painettavuus, lateksien mahdollistaman korkean kuiva-ainepitoisuuksien käytön vuoksi päällystysseoksissa /6/.

SB-lateksilla (Styreenibutadieeni) on hyvä vedenkestävyys, sekä hyvä sidosvoima. Toisaalta niiden valonkestävyys on heikko, mikä kellertää paperin tai kartongin ja näin ollen eivät sovellu tietyille paperi- ja kartonkilajeille. Toinen yleisesti käytetty lateksi pastan valmistuksessa on SA-lateksi (styreeniakrylaattilateksi) /6/.

4.2 Tärkkelys

Tärkkelys on yleisesti käytetty sideaine ja ylivoimaisesti yleisimmin käytetty pintaliima. Tärkkelystä valmistetaan muun muassa perunasta, ohrasta ja maissista. Kyse on siis luonnollisesta sideaineesta, joka kemiallisesti muistuttaa pitkälti selluloosaa, vaikka rakenteellisia eroja onkin niiden väillä /8/.

Tärkkelyksen tärkeänä tehtävänä päällystyksessä on toimia yhdessä lateksien kanssa. Tärkkelyksen huonon sitomislujuuden vuoksi, se toimii paksuntajana ja vesiretention nostajana. Sideaineena tärkkelys toimii pigmentoinnissa. Tärkkelys on hinnaltaan muihin sideaineisiin verrattuna halpaa. Tärkkelys antaa päällystysseokseen hyvän vedenpidätyskyvyn, sen hydrofiilisyytensä vuoksi /8/.

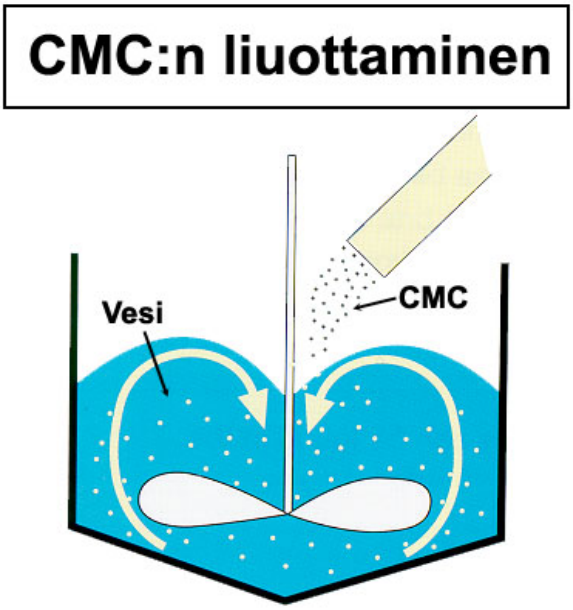
Kuva 4.1 Tärkkelyksen käyttäytyminen vesiliuoksessa (Knowpap v. 19.0)

Yllä olevasta kuvasta 4.1 nähdään, miten tärkkelys käyttäytyy liotuksessa ja miten partikkelit muuttuvat lämmityksessä. Kuvasta näkee myös sen, miten tärkkelyksen viskositeetti muuttuu tämän aikana /8/.

4.3 CMC

Vesiliukoinen, selluloosasta valmistettu CMC eli karboksimetyyliselluloosa on valkoinen, myrkytön, hajuton ja luonnossa hajoava sideaine. CMC:tä voidaan ajaa pastaan valmiiksi liuotettuna tai suoraan jauheena. CMC vaatii voimakasta sekoitusta, jotta se varmasti liukenee pastan sekaan. Toisaalta se myös kestää hyvin voimakkaat ja pitkät sekoitusajat ja liukenee helposti sekä kuumaan että kylmään veteen /4/.

CMC – liuosta valmistettaessa on tärkeää, että CMC-partikkelit dispergoituu veteen nopeasti ennen kuin liuoksen viskositeetti alkaa kohota. Tarvitaan voimakasta pyörremäistä sekoitusta, jotta partikkelit kostuvat ja liukenevat hyvin. Alla olevasta kuvasta 4.2 voidaan nähdä minkälainen sekoitus tai pyörre olisi tärkeä liuotettaessa CMC:tä /6/.



Kuva 4.2 CMC:n liuottaminen (Knowpap v. 19.0)

CMC:n sidosvoima on hyvä, vaikka sideaineena merkitys jää pieneksi, koska sen määrä pastoissa on vähäinen. Sitä käytetään myös vesiretention ja reologian säätelijänä. Yksi CMC:n tärkeistä tehtävistä on nostaa nestefaasin viskositeettia, jonka kautta myös pastan viskositeetti nousee /6/.

4.4 PVA

Polyvinyylialkoholi eli PVA on sitomislujuudeltaan erittäin hyvä ja tätä kautta tärkeä osa pastan valmistuksessa. Tosin PVA:n vedenpidätyskyky on huono, mutta sitä voidaan parantaa esimerkiksi CMC:tä lisäämällä tai alginaattilisäyksellä /1/.

PVA valmistetaan polyvinyyliasetaatista ja on väriltään puhtaan valkoista (kuva 4.3). PVA-liuos valmistetaan siten, että PVA-jauhe sekoitetaan veteen noin 5 – 20 % kuiva-ainepitoisuuteen ja lämmitetään seosta noin 30 minuutta 90 asteen lämpötilassa. PVA lisää merkittävästi pastan viskositeettia, vaikka sen määrä pastaresepteissä ei ole kovinkaan suuri /1/.

Kuva 4.3 PVA-jauhe (Alibaba.com)

5 LISÄAINEET JA HYÖDYKKEET

Lisäaineet ovat erittäin tärkeitä aineita parantamaan päällysteen ominaisuuksia. Lisäaineita ja hyödykkeitä annostellaan pastareseptiin erittäin vähän, suhteessa esimerkiksi pigmentteihin ja sideaineisiin /6/.

Lisäaineisiin ja hyödykkeisiin luetellaan esimerkiksi dispergointiaine, optinen kirkaste, kovettimet, vaahdonestoaine, säilöntäaineet ja voiteluaineet. Vaikka kaikki kyseisistä aineista on tärkeitä, tässä työssä on lyhyesti kirjoitettu vain muutamasta lisäaineesta hieman tarkemmin /6/.

5.1 Dispergointiaineet

Dispergointiaineen tarkoituksena on estää pigmenttipartikkeleita flokkaantumasta keskenään eli niin, etteivät ne pakkaudu yhteen. Sekoitus auttaa partikkeleita pakkautumasta, mutta ainoastaan dispergointiaine pitää ne pysyvästi erillään toisistaan /6/.

Dispergoinnin annostelun tiedetään onnistuneen optimaalisesti silloin, kun viskositeetti pigmentissä on alimmillaan. Jos dispergointiainetta annostellaan liikaa, alkaa pigmentin viskositeetti taas nousta /6/.

5.2 Optinen kirkaste

OBA eli optisen kirkasteen tehtävänä pastaa valmistaessa on saada paperi tai kartonki näyttämään vaaleammalta, kuin mitä paperi tai kartonki oikeasti on. Optisen kirkasteen teho perustuu siihen, että sillä on kyky heijastaa siihen kohdistuva UV-säteily takaisin näkyvänä säteilynä. Optista kirkastetta annostellaan pastaan yleensä noin 0,1 – 0,5 % pigmenttimäärästä /6/.

5.3 Vaahdonestoaine

Vaahdonestoaineita voidaan käyttää joko vaahdon syntymistä estävillä vaahdonestoaineilla tai syntyneen vaahdon poistolla estävillä vaahdonestoaineilla. Kuitenkin tarkoituksena on minimoida vaahto koko prosessin aikana /6/.

Vahdon syntymistä estävät mm. alkoholit, eetterit ja polyglykolirasvahapposeokset. Muita vaahdon syntymiselle estäviä aineita ovat emulgoitu mäntyöljy, polyglykoliesterit ja rasvahappoesterit. Varsinkin kartongin valmistuksessa käytetään vaahdonestoainetta /6/.

6 PASTAN REOLOGIA

Reologia on materiaalin muodonmuutoksesta ja käyttäytymisestä oleva oppi, kun materiaaliin kohdistetaan mekaanisia voimia. Yleisesti aineet käyttäytyvät kolmella eri tavalla: viskoottisesti, elastisesti tai viskoelastisesti. Viskoottinen aine käyttäytyy kuten neste ja rasituksen alla aineen rakenteet tuhoutuvat ja siihen kohdistuva energia häviää. Elastisen aineen rakenne pysyy samana, silloin kun siihen kohdistetaan energiaa. Tämä johtuu siitä, että energia varastoituu aineeseen. Viskoelastinen aine voi käyttäytyä kiinteän aineen sekä nestemäisen aineen tavoin. Viskoelastisen aineen materiaali voi siis rasituksen vaikutuksesta hajota tai palautua /4/.

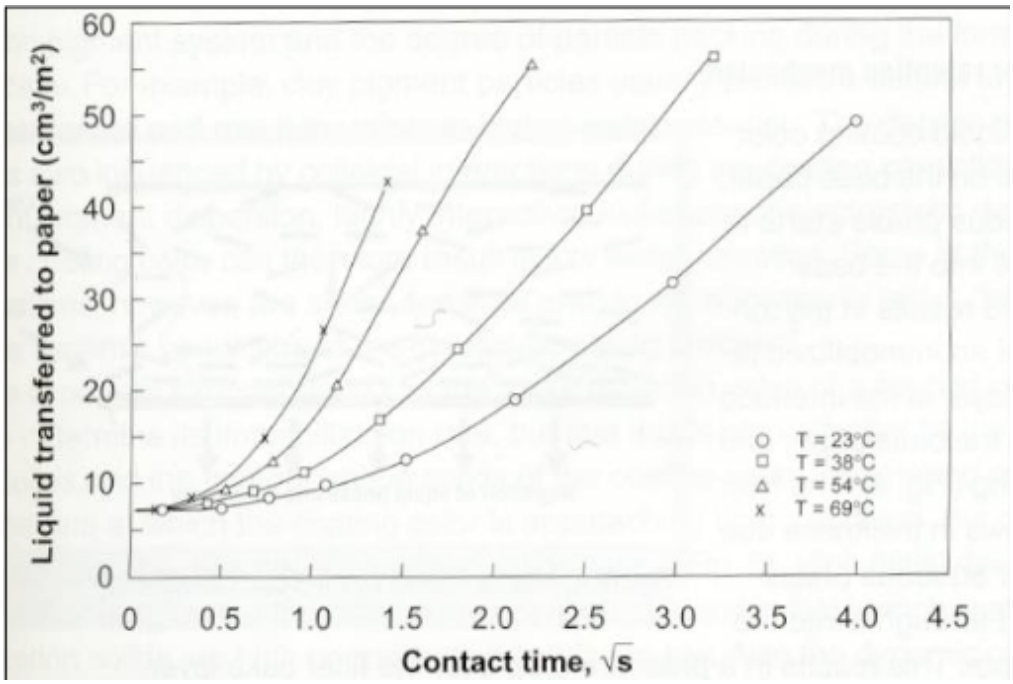
Reologiassa nesteet jaetaan Newtonilaisiin, ei-Newtonilaisiin, viskoottisiin ja viskoelastisiin nesteisiin. Pienimolekyyliset nesteet käyttäytyvät Newtonimaisesti kuten esimerkiksi vesi ja laimeat pigmenttilietteet, jossa kuiva-ainepitoisuus on pieni. Newtonilaisille nesteille yleistä on, etteivät niiden viskositeetti ole riippuvainen leikkausnopeudesta tai leikkausajasta. Esimerkiksi vesi käyttäytyy melko lailla Newtonimaisesti, kun taas päällystyspastat ovat ei-Newtonilaisia. Päällystyspastojen käyttäytyminen on sidoksissa leikkausnopeuteen ja leikkausaikaan. Pastat voidaan jakaa leikkausoheneviin ja leikkauspaksuneviin. Jos pastan viskositeetti pienenee leikkausnopeuden kasvaessa, on silloin kyseessä leikkausoheneva pasta. Jos taas viskositeetti kasvaa leikkausnopeuden kasvaessa on kyseessä silloin leikkauspaksuneva päällystyspasta. /4/

6.1 Vesiretentio

Vesiretentio on erittäin tärkeä osa päällystyspastan ajettavuuden kannalta ja samalla stabiloi päällystysprosessia hyvään ja korkealaatuiseen lopputulokseen. Vesiretentiolla tarkoitetaan päällystyspastan kykyä säilyttää pastan oma vesifaasi silloin, kun päällystyspasta tulee kosketuksiin pohjapaperin kanssa /3/.

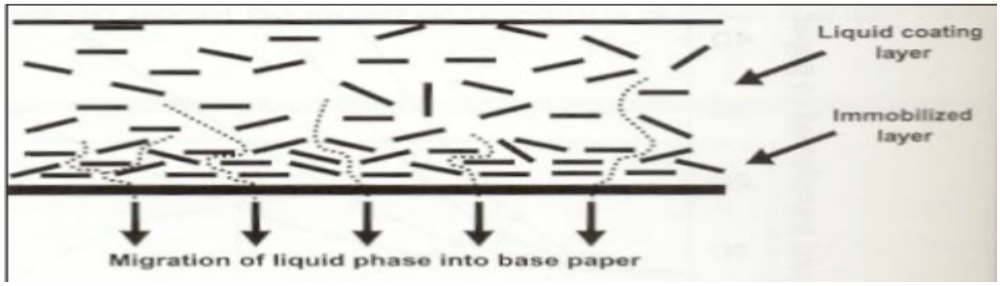
Jos saavutetaan hyvä vesiretentio, niin sitä vähemmän sideaineita siirtyy paperiin tai kartonkiin ja päällystyspasta ei menetä niin paljon vettä. Syy mistä sideaineiden siirtyminen pois päällystyspastasta johtuu, on siinä, että pohjapaperi on ominaisuuksiltaan hyvin huokoinen ja imukykyinen materiaali. Vesiretention ollessa hyvä, lopputuloksena on hyvät optiset- sekä hyvät sidosominaisuudet /3/.

Pastan lämpötila vaikuttaa myös veden imeytymiseen. Jos ajatellaan veden imeytymistä ilman ulkopuolista painetta, puhutaan silloin nesteen siirtymisestä diffuusion avulla. Pastan sisältämä vesi siirtyy pohjapaperiin sitä nopeammin, mitä lämpimämpi pasta on. Kuvassa 6.1 havainnollistaa lämpötilan vaikutuksen imeytyvän veden määrään. /3/



Kuva 6.1 Lämpötilan vaikutus veden imeytymisestä pohjapaperiin. /3/

Pohjapaperiin kontaktissa olevan pastan sisältämä vesi alkaa virrata ja imeytyä pohjapaperiin. Syntyy kerros, jossa pasta ei enää liiku pohjapaperin pinnalle. Tätä kutsutaan immobilisoituneeksi kerrokseksi. Paikallaan oleva kerros paksunee aina sitä mukaa, kun nestettä virtaa kerroksen läpi pohjapaperiin ja haihtuu päällysteestä. Tämän vuoksi vesifaasin viskositeetti on tärkeä asia vesiretention saavuttamiseksi. Tämä johtuu siitä, että mitä viskoottisempi vesifaasi on, sitä huonommin se pääsee virtaamaan immobilisoituneen kerroksen läpi. Eri tekijöillä, esimerkiksi levymäisellä pigmentillä ja paksuntajalla voidaan muodostaa tiiviimpi liikkumaton kerros. /3/



Kuva 6.2 Immobilisoituneen kerroksen muodostuminen pohjapaperin pinnalle. /3/

7 VISKOSITEETTI

Työ sisältää
luottamuksellista
aineistoa, joka on poistettu
julkisesti jaossa olevasta
raportista.

8 HIGH SHEAR RATE VISKOSITEETIN MUUTOKSEN VAIKUTUKSET PÄÄLLYSTYKSESSÄ

8.1 Viskositeettitaso

Viskometrillä mitattaessa, tärkein tekijä viskositeettikäyrissä on käyrän taso. Pastan liian korkea viskositeetti korkeissa leikkausnopeuksissa, aiheuttaa tarpeen käyttää korkeaa teräpainetta. Tämä johtaa ajettavuusongelmiin, kuten viiruihin ja naarmuihin ja saattaa johtaa jopa ratakatkoihin. /15/

Päällystyspastan viskositeetin pitäisi olla 0,5 – 1 miljoonaa 1/s:n leikkausnopeudella, luokkaa 25 – 60 mPas. Kartonkeja päällystäessä viskositeetti voi olla korkeampikin. Mitä korkeampi on päällystyskoneen nopeus, sitä matalampi viskositeetin täytyy olla, jotta teräpainetta ei tarvitsisi nostaa liian korkeaksi. /15/

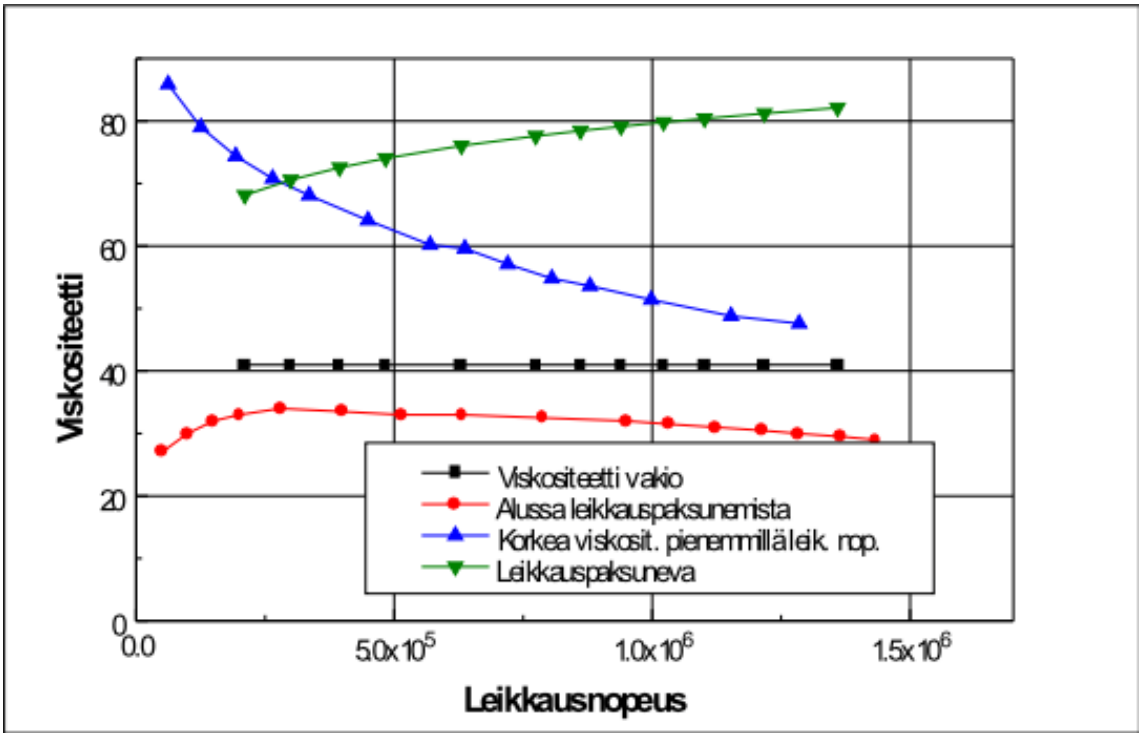
Leikkausnopeuden ollessa matala, esimerkiksi 20 000 – 100 000 1/s, viskositeetti ei myöskään saa olla liian korkea. Liian korkea viskositeetti voi aiheuttaa sen, että prosessin käynnistäminen voi olla vaikeaa ja ongelmia saattaa ilmetä päällystyspastan pumppauksessa. /15/

8.2 Käyrän muoto

Pastan ajettavuus on usein sitä parempi, mitä tasaisempi viskositeettikäyrä on korkeissa leikkausnopeuksissa. On yleistä, että pasta on leikkausohenevaa eli viskositeetti laskee leikkausnopeuden kasvaessa. Tällainen käyttäytyminen on yleensä melko harmitonta pastan ajettavuuden kannalta, mutta jos viskositeetti nousee pienillä leikkausnopeuksilla liian korkeaksi, saattaa syntyä ongelmia esimerkiksi pastan pumppauksessa, vaikka viskositeetti korkeammilla leikkausnopeuksilla olisikin kohtuullisen matala. Tämän vuoksi voimakkaasti leikkausoheneva viskositeettikäyrä ei ole kovin hyvä merkki. /15/

On myös leikkauspaksunevia pastoja eli viskositeetti nousee leikkausnopeuden kasvaessa. Sinällään leikkauspaksuneminen ei välttämättä aiheuta ajettavuusongelmia, jos viskositeetti ei vain nouse liian korkeaksi. /15/

Leikkauspaksunevuus on yleisempää lietteillä, joilla on korkea kiintoainepitoisuus. Leikkauspaksuneva pasta on erittäin herkkä kiintoainepitoisuuden muutoksille. Alla olevassa kuvassa 8.1 nähdään eri high shear rate viskositeettien käyttäytymistä. /15/



Kuva 8.1 Viskositeettien vaikutus

9 ACAV AX100

Työ sisältää
luottamuksellista
aineistoa, joka on poistettu
julkisesti jaossa olevasta
raportista.

10 ACA AX100 KOEAJOT

Työ sisältää
luottamuksellista
aineistoa, joka on poistettu
julkisesti jaossa olevasta
raportista.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet

1. Häggblom-Ahnger, Ulla. Komulainen, Pekka. 2006. Kemiallinen metsäteollisuus 2. paperin ja kartongin valmistus. 5. painos. Jyväskylä: Opetushallitus.

2. Häggblom-Ahnger, Ulla. Komulainen, Pekka. 2001. Kemiallinen metsäteollisuus 2. Paperin ja kartongin valmistus 2. painos. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino.

3. Lehtinen, Esa. 2000. Introduction to pigment coating of paper: Pigment coating and surface sizing of paper. Jyväskylä: Fapet Oy.

4. Häggblom-Ahnger, Ulla. Komulainen, Pekka. 2001. Kemiallinen metsäteollisuus. Paperin ja kartongin valmistus, Jyväskylä: Opetushallitus.

5. Mäkinen, Martti. 2011. University of Joensuu; Viscometers and coating process

Verkkolähteet

6. Knowpap – Paperitekniikan ja automaation oppimisjärjestelmä. VTT Industrial Systems. Versio 19.0 Luettu 12.11.2018

7. Welling, Lauri. 2012. Paperin päällystäminen. Paperi- ja prosessiteollisuuden suunnittelu. Saimaan ammattikorkeakoulu.

8. Soininen, A-M, 2004. Päällystyspastan sideainekoostumuksen optimointi. Paperi- prosessitekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu.

9. https://docplayer.fi/6272971-Paallystyksen-kemiaa-bj60a0600-stora-enso-oyj-consumer-boards-1-66-tuula-sokka-tso-5-1-2009.html

10. Finer, A. Omya Oy. 2018. Sähköpostiviesti 6.12.2018. Vastaanottaja: Ville Helenius

11. Yli-Niemi, O. Synthomer. 2018. Sähköpostiviesti 27.11.2018. Vastaanottaja: Ville Helenius

12. Tapani, T. Basf. 2018. Sähköpostiviesti 29.11.2018. Vastaanottaja: Ville Helenius

13. Koivuniemi, M. CP Kelco. 2018. Sähköpostiviesti 29.11.2018. Vastaanottaja: Ville Helenius

14. Kantola, M. Chemigate Oy. 2018. Sähköpostiviesti 11.12.2018. Vastaanottaja: Ville Helenius

15. Mäkinen M. 1999. Käyrien tulkinta kalvot. ACAV A2 – Viskometrin mittaus-käyrien tulkinta ja hyödyntäminen.

LIITTEET

Työ sisältää
luottamuksellista
aineistoa, joka on poistettu
julkisesti jaossa olevasta
raportista.