



PAKSUUSPROFIILIMITTA- LAITTEEN KÄYTTÖÖNOTTO

Katariina Moisio

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2014
Paperi-, tekstiili- ja
kemiantekniikan
koulutusohjelma
Kemiantekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikka ja tuotantotalous

KATARIINA MOISIO:
Paksuusprofiilimittalaitteen käyttöönotto

Opinnäytetyö 30 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Maaliskuu 2014

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Octagon merkkisen paksuusprofiilimittalaitteen käyttöönotto ja sen soveltuvuuden määrittäminen tutkimus- ja tuotekehityslaboratorion käyttöä varten. Uusi laite soveltuu ensisijaisesti muovikalvojen paksuuden selvittämiseen entistä nopeammin ja suuremmassa mittakaavassa.

Toisena tavoitteena oli laitteen antaman tietoaineiston luotettavuuden selvittäminen, johon liittyi häiriötekijöiden eliminointi ja niiden vaikutus testituloksiin. Lisäksi vertailtiin eri mittareiden tarjoaman tietoaineiston välillä. Vertailukohteena oli vanhempi, käyttöominaisuuksiltaan yksinkertaisempi paksuusmittari.

Kolmantena tavoitteena oli laitteen soveltuvuuden selvittäminen, ei pelkästään muovikalvoille, vaan myös papereille.

Neljäntenä tavoitteena ja ikään kuin sivutuotteena muodostettiin tyypilliset kone- ja pituussuuntaiset paksuusprofiilikartat.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme of Chemical Engineering
Chemical Engineering and Production Economics

KATARIINA MOISIO

Introduction of a Thickness Measurement Unit

Bachelor's thesis 30 pages, appendices 1 page

March 2014

The purpose of this bachelor's thesis was to do the implementation of the film thickness measurement unit called Octagon and to determine the feasibility study for its use in the research and development laboratory. The new measurement unit was primarily suitable for determining the thickness of the plastic film faster and in a larger scale.

The second goal was the settlement of the data's validation which was linked to the elimination of the distractions and how they affected the measurement results. In addition comparison was made with data from another measuring instrument. The point of comparison was an older and simpler thickness gauge.

The third target was the feasibility study of the unit, not just for plastic films but also for papers.

The fourth aim was to create the typical thickness profile maps for both machine and cross directions.

Key words: thickness gauge, reliability, comparison, feasibility study, thickness profile map

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	UPM RAFLATAC OY.....	8
2.1	Tarralaminaatti.....	8
2.1.1	Tuote- ja informaatioetiköinnin käyttökohteet.....	8
3	PAKSUUSPROFIILIMITTAUS.....	10
3.1	Paksuuden merkitys jatkojalostuksessa	10
3.1.1	Muovikalvon valmistusmenetelmät	10
3.1.2	Painorekisteri.....	12
3.1.3	Stanssaus	13
3.1.4	Etiketöinti.....	15
3.2	Paksuusprofiilimittauksen kehittäminen UPM Raflatac Oy:ssä	16
4	LAITTEEN KÄYTTÖÖNOTTO.....	17
4.1	Laitteen toiminta	17
4.2	Laitteen kalibrointi.....	17
4.3	Käytettävät näytteet.....	18
4.4	Häiriötekijät	18
5	TUTKIMUSTYÖ	20
5.1	Osio I: Laitteen soveltuvuus tuotekehityslaboratorioon	20
5.1.1	Laitteen soveltuvuus pintamateriaaleille	20
5.1.2	Soveltuvuus taustamateriaaleille	20
5.1.3	Soveltuvuus papereille	20
5.2	Osio II: Laitteen luotettavuus.....	21
6	TULOKSET	22
6.1	Osio I: Laitteen soveltuvuus tuotekehityslaboratorioon	22
6.1.1	Laitteen soveltuvuus pinta- ja taustamateriaaleille	22
6.1.2	Soveltuvuus papereille	23
6.2	Paksuusprofiilikartan muodostaminen.....	23
6.3	Osio II: Laitteen luotettavuus.....	24
7	TULOSTEN TARKASTELU	26
7.1	Osio I: Laitteen soveltuvuus tuotekehityslaboratorioon	26
7.1.1	Laitteen soveltuvuus pinta- ja taustamateriaaleille	26
7.1.2	Soveltuvuus papereille	26
7.2	Paksuusprofiilikartan muodostaminen.....	26
7.3	Osio II: Laitteen luotettavuus.....	26
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET	28
	LÄHTEET.....	29

LIITTEET..... 30
 Liite 1. Paksuusprofiilikartat 30

ERITYISSANASTO

Bursting point -theory	pintamateriaalia puristetaan stanssauksessa, kunnes se saavuttaa murtumispisteen
CD	eng. cross direction, suom. koneen poikkisuunta
MD	eng. machine direction, suom. koneen konesuunta
Minitab	tietokoneohjelma tilastollisten analyysien tekoon
Nippi	kaksi telaa toisiaan vasten
Snaking	värivirhe, joka johtuu paksuusvaihteluista, jolloin painovärin osumakohta siirtyy ja liikkuu käärmeen tavoin painokoneessa
Stanssaus	käsiteltävä materiaali leikataan terien avulla haluttuun muotoon

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on uuden laitteen käyttöönotto ja sen hyödyntäminen jatkossa tutkimus- ja tuotekehityslaboratoriossa. Kyseessä on Octagon-merkkinen paksuusprofiilimittauslaite, jonka käyttöönotto ja sen soveltuvuuden sekä luotettavuuden selvittäminen ovat pääaiheena tässä työssä.

Opinnäytetyö jakaantuu kirjallisuus- ja tutkimusosioihin. Kirjallisuusosiossa tutustutaan paksuusprofiilimittauksen menetelmään ja laitteen toimintaan. Kirjallisuusosio sisältää mm. haastatteluita, joissa selvitetään ensisijaisesti muovikalvon pinnan paksuuden merkitystä UPM Raflatacille ja miten se vaikuttaa jatkojalostuksessa.

Tutkimusosiossa selvitetään mittalaitteesta saatavan tietoaineiston soveltuvuutta UPM Raflatacin tutkimus- ja tuotekehityslaboratorion käyttöä varten. Näytteinä käytetään ensisijaisesti pintamateriaaleja, kuten esim. puhallus- ja tasokalvoa, mutta testataan myös taustamateriaaleja. Lisäksi yhtenä tavoitteena on testata laitteen soveltuvuutta myös papereille.

2 UPM RAFLATAC OY

UPM Raflatac on maailman johtavia tarralaminaatin valmistajia. Yhtiöllä on 13 tehdasta viidellä mantereella sekä laaja myyntikonttoreiden ja terminaalien verkosto ympäri maailman. UPM Raflatacin palveluksessa on noin 2 900 työntekijää, ja sen liikevaihto vuonna 2013 oli 1,2 miljardia euroa. (UPM Raflatac)

2.1 Tarralaminaatti

Tarralaminaatti koostuu neljästä eri osasta, joita ovat taustamateriaali, silikonikerros, liima ja pintamateriaali.



KUVA 1. Tarralaminaatin rakennekuva (UPM Raflatac)

2.1.1 Tuote- ja informaatioetiketöinnin käyttökohteet

Etiketöinnin käyttökohteet ovat laajat ja mahdollisuudet lähes rajattomat. Seuraavassa kuvassa 2 näkyy tyypillisimmät tuotteet, joihin tarvitaan tarralaminaattia.

Tuote- ja informaatioetiketöinnin loppukäyttöalueet



2 | © UPM

© UPM Raflatac

KUVA 2. Informaatioetiketöinnin loppukäyttökohteet (UPM Raflatac)

Tarralaminaatin arvoketju raaka-aineen kulkeutumisesta valmiiksi tuotteeksi loppukäyttäjälle on esitetty kuvassa alla olevassa kuvassa 3.



KUVA 3. Tarralaminaatin arvoketju (UPM Raflatac)

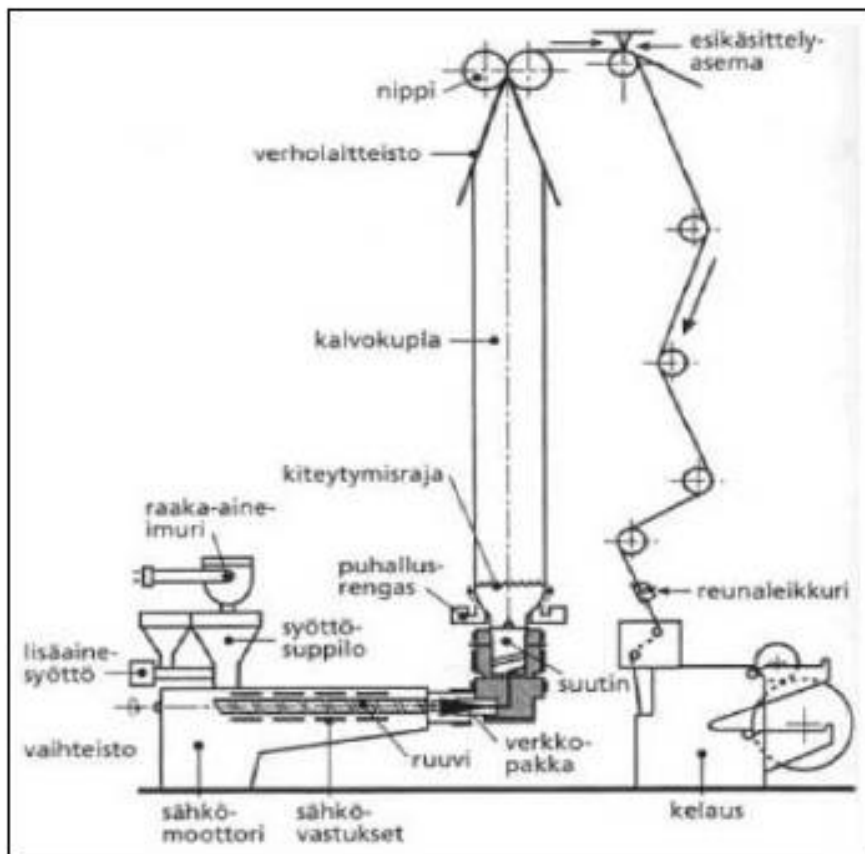
3 PAKSUUSPROFIILIMITTAUS

3.1 Paksuuden merkitys jatkojalostuksessa

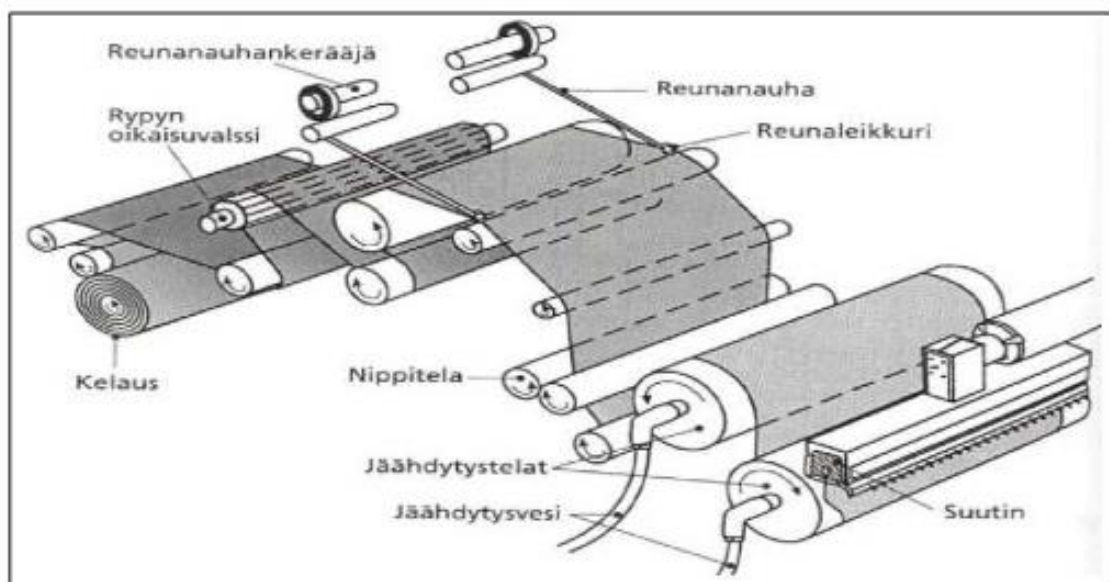
Paksuus vaikuttaa seuraaviin asioihin jatkojalostuksessa; painorekisteri, stanssaus ja etiketöinti. Ennen näiden termien läpikäymistä on kuitenkin syytä avata muovikalvojen valmistusmenetelmien vaikutuksia materiaalin paksuuteen ja paksuusvaihteluihin.

3.1.1 Muovikalvon valmistusmenetelmät

Tässä kappaleessa käydään läpi hiukan muovikalvon valmistusmenetelmiä ja tarkastellaan erityisesti paksuuden merkitystä niistä syntyvien erojen kautta. Tasokalvo- ja puhalluskalvojen valmistusmenetelmissä on eroja, mutta valmistusmenetelmiä ei sinänsä käydä sen tarkemmin tässä läpi muuta kuin kuvien 4 ja 5 kautta, joissa näkyy laitteistojen rakenteelliset erot.



KUVA 4. Kalvonpuhalluslaitteisto (Kurri ym. 2002, 102, muokattu)



KUVA 5. Tasokalvolaitteisto (Kurri ym. 2002, 106, muokattu)

Johtopäätöksenä voidaan todeta muutama fakta, jotka käyvät toteen näitä menetelmiä verratessa. Hyvä puoli puhalluskalvomenetelmässä on, että se on melko taloudellinen. Tämä tarkoittaa, että sillä voidaan tuottaa suuria määriä kalvoa ja sillä on suhteellisen

halvat investointikustannukset. Puhalluskalvomenetelmän erityisesti polyeteenillä haittapuolina jatkojalostuksessa ovat paksuusvaihtelut ja painorekisterissä olevat mahdolliset virheet, jotka tulevat tarkemmin esille painorekisterissä kappaleessa 3.1.2.

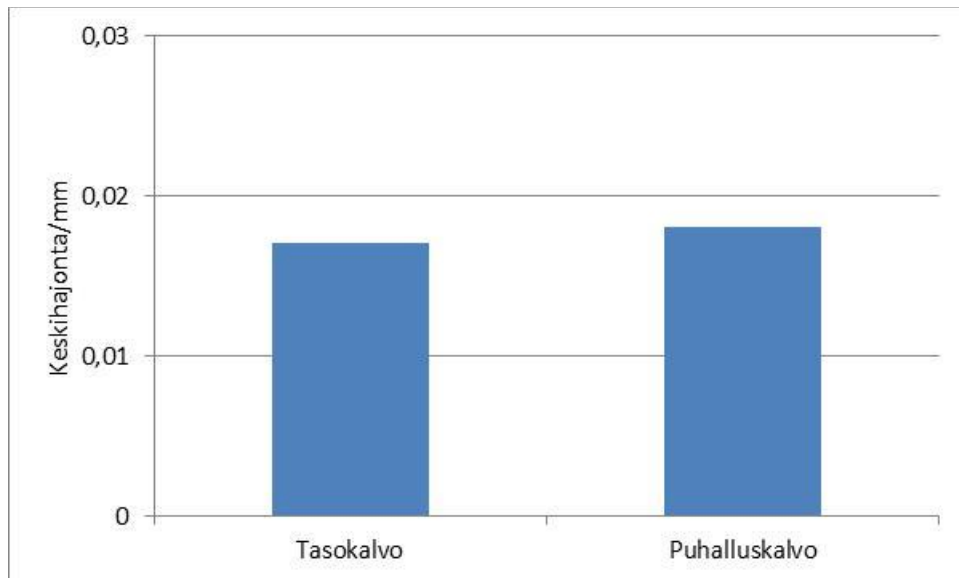
Tasokalvon valmistusmenetelmä puolestaan antaa paremman paksuusprofiilin, eikä se aiheuta niin paljon ongelmia painorekisterissä kuin edellä mainittu puhalluskalvomenetelmä. Haittapuolina tasokalvon valmistusmenetelmässä ovat, että se on melko kallis johtuen toimittajien vähyydestä ja siinä on huomattavasti kalliimmat investointikustannukset verrattuna puhalluskalvomenetelmään. Tällaisen kalvon stanssautuvuus ei myöskään ole paras mahdollinen.

3.1.2 Painorekisteri

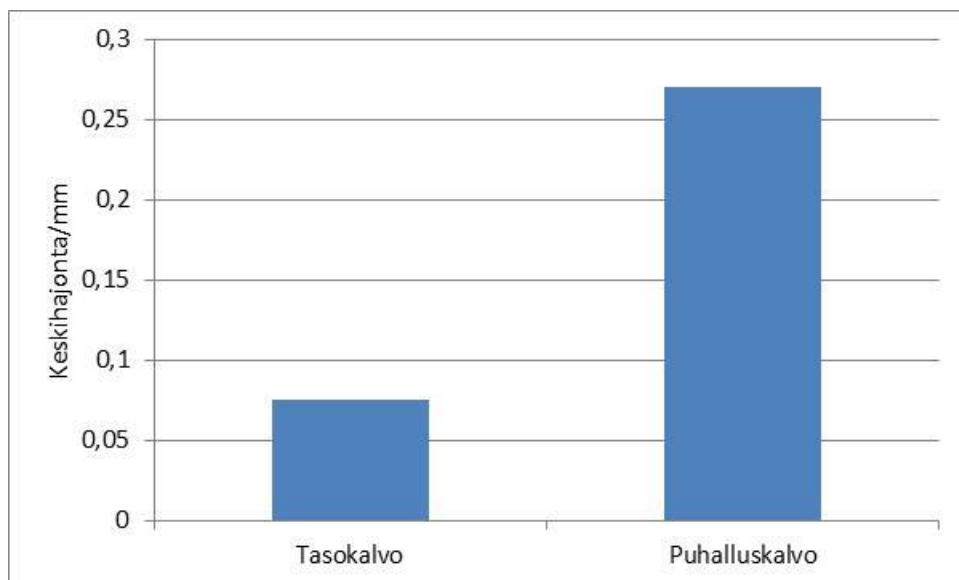
Seuraavaksi esitetään painorekisterissä havaittuja ongelmia ja tämä kappale perustuu 30.1.2014 käytyyn haastatteluun tuotekehitysinsinööri Matti Mannerin (2014) kanssa.

Painorekisterissä eri painovärien tulee osua samaan kohtaan. Puhalluspolyeteenikalvon huono puoli on sen epätasainen paksuus, jolloin se aiheuttaa ongelmia painatukseen, kun painovärit eivät osukaan oikeille kohdilleen. Tätä kutsutaan ”sneikkaamiseksi”. Nimi tulee englanninkielen sanasta snaking, joka tarkoittaa, että painoväri siirtyy ja liikkuu kärkeen tavoin painokoneessa, vaikka sen tulisi pysyä koko ajan samassa kohdassa.

Kuviossa yksi ja kaksi näkyy painorekisterin keskihajonnan eroja kone- ja poikkisuunnassa taso- ja puhalluskalvolla. Ensimmäisestä kuvioista huomataan, että MD-suunnassa keskihajonnan erot muovikalvojen valmistusmenetelmien välillä eivät ole huomattavia. Mutta kun puolestaan tarkastellaan toista kuviota, niin käy ilmi, että CD-suunnassa ero on huima. Tästä seikasta koituu hyvinkin suuria ongelmia painorekisteriin, kun paksuus ei olekaan poikkisuunnassa tasaista.



KUVIO 1. Painorekisterin keskihajonta eri materiaaleilla MD-suunnassa (UPM Raflatac 2014, muokattu)



KUVIO 2. Painorekisterin keskihajonta eri materiaaleilla CD-suunnassa (UPM Raflatac 2014, muokattu)

3.1.3 Stanssaus

Tämä kappale perustuu Markku Melamiehen (1994) tekemään diplomityöhön tarralaminaatin rotaatiostanssausesta ja 7.3.2014 käytyyn haastatteluun tuotekehityspäällikkö Mika Pirisjoen (2014) kanssa. Stanssauksessa koituu ongelmia, jos pintamateriaali on liian ohut tai paksu sekä silloin, kun tausta on puolestaan joko

liian ohut tai paksu. Kalvon tulisi ideaalitulanteessa olla tasapaksuista koko ajan, mutta käytännössä se on mahdotonta.

Patrakka (1995) selventää diplomityössään itse stanssaustapahtumaa. Se perustuu ns. bursting point -teoriaan (suom. murtumispiste), jossa pintamateriaalia puristetaan, kunnes se saavuttaa murtumispisteen. Stanssaustulos voidaan jakaa kolmeen luokkaan

1. Pintamateriaali ja taustapaperi eivät murre
2. Pinta murtuu, tausta ei
3. Sekä pinta että tausta murtuvat.

Stanssaus luokitellaan epäonnistuneeksi kohdissa 1 ja 3. Stanssautuvuuteen liittyy läheisesti etikettejä ympäröivä ns. roskaradan poisto.

Omnistuneen roskaradan irroituksen edellytyksenä ovat

- täydellinen etikettipaperin ja tarraliiman stanssautuminen
- sopiva irroitusvoima tarraliiman ja silikonikerroksen välillä (release)
- tasainen roskaradan irroitus
- etikettipaperin riittävä lujuus, riittävä roskaradan matriisin leveys ja sopiva tarraetiketin muoto

Jos etikettipaperi ei ole leikkautunut täydellisesti, roskarataan kohdistuu liian suuri veto ja roskarata katkeaa. (Patrakka 1995, 9-10). UPM Raflatacin tuotekehityspäällikkö Mika Pirisjoki kertoo haastattelussa, että yllä olevan listan edellytykseksi tulee lisätä yhtenäinen silikonipinta.

Stanssiterän osuessa liian syväälle, tarraliima menee silikonikerroksesta läpi ja kun taas puolestaan stanssataan liian vähän, niin roskaradat takertuvat tai saattaa tulla ratakatkoja. Alla olevat lainaukset ovat Markku Melamiehen diplomityöstä, jotka vielä selventänevät asiaa.

”Stanssauksen yhteydessä poistetaan tavallisesti hukkamateriaali, ns. roskarata. Jos pintamateriaalia ei lävistetä, seurauksena on roskaradan kiinni takertuminen tai katkeilu. Jos taas taustapaperi tai sen pinta murtuu, seurauksena voi olla liiman valuminen murtumakohtiin ja siten pintamateriaalin liimautuminen kiinni taustapaperiin. Tässä tapauksessa epäonnistumisen saattaa havaita vasta tarrojen ostaja. Toisaalta, koska stanssattuja tarroja on voitava käsitellä yhtenäisenä ratana, ei taustapaperin murtumista voida muutoinkaan sallia.” (Melamies 1994, 2)

”Stanssauksen onnistumiseen saattavat vaikuttavat ainakin seuraavat taustapaperin ominaisuudet:
 -paksuus
 -paksuusvaihtelut
 -kimmokerroin paksuussuunnassa
 -murtumisen vastustuskyky (lujuus).” (Melamies 1994, 3)

Puhalluspolyeteenikalvon taustana käytetään sellaista materiaalia, joka on vähemmän kokoonpuristuva. Tämä tarkoittaa, että siinä on kalanteroinnin vaikutuksesta vähemmän tyhjää, eli se on silloin tiheämpää, jolloin se kimmokerroin paksuussuunnassa suurenee. Tällöin se antaa tukea vaikeasti stansattavalle polyeteenikalvolle.

Pirijoki kertoo haastattelussa, että stanssaukseen vaikuttavat merkittävästi myös mm. stanssiterien valmistus, eli terien geometria. Vielä noin kymmenen vuotta sitten sylinterien etäisyyttä ei voitu säätää. Tällöin etäisyys stanssisylinterin ja vastasynterierien välillä määrää stanssauksen syvyyden ja kun stansattavan materiaalin paksuus tässä kohtaa vaihtelee, siitä syntyy ongelmia. Nykyään terien etäisyyttä voidaan kuitenkin jo säätää ja suurimmilta ongelmilta välttyään.

Pirijoki jatkaa, että huonosta stanssausjäljestä koituvat ongelmat saattavat tulla hyvinkin kalliiksi. Pahin skenaario on, että huono erä pääsee ketjussa niinkin pitkälle, kuin esim. pullotuslinjastolle. Tällöin koko erä pullon sisältöineen päivineen joudutaan hävittämään huonon tarran vuoksi. Tätä tapahtuu onneksi kuitenkin melko harvoin.

Yleisin ongelma on, että etiketti ei irtoa kunnolla. Kyseinen ongelma johtuu joko siitä, että tausta on liian paksu, jolloin stanssaus epäonnistuu tai pinnan paksuudesta, jolloin se vaikuttaa etiketin jäykkyyteen. Parasta on siis, että ongelma saadaan kuriin jo arvoketjun alkupäässä, jotta lopussa välttyään isoilta laskuilta. Yhteenvetona voidaan todeta, että mahdollisimman pieni paksuushajonta sekä pinnassa että taustassa parantaa stansattavuutta.

3.1.4 Etiketöinti

Etiketöinnissä koituvat ongelmat johtuvat joko käytettävän materiaalin paksuudesta, venyvyydestä tai jäykkyydestä, kertoo tuotekehitysjohtaja Ismo Pietari (2014) 20.3.2014 käydyssä haastattelussa.

Paksuus vaikuttaa etiketöinnissä jäykkyyteen kaavan 1 tavoin

$$S_b = E \cdot \frac{t^3}{12}, \quad (1)$$

jossa E=kimmokerroin ja tämän pysyessä vakiona pelkkä t=paksuus vaikuttaa materiaalin venyvyyteen. Jäykkyyden tulee olla melko korkea, jotta etiketöintitapahtuma onnistuu. Tämä johtuu siitä, että liian matalla jäykkyydellä etiketti ei tartukaan kiinni etiketöitävään tuotteeseen, vaan jatkaa matkaansa taustaradan mukana.

Toinen matemaattinen kaava 2 on Hooken laki, jossa venymä on esitetty seuraavanlaisesti (Pennala 1995, 25)

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{F}{EA} = \frac{F}{Etw}. \quad (2)$$

Tässä ε =venymä, σ =jännitys, eli tässä tapauksessa ratakireys, E=kimmokerroin, F=voima, EA=kimmokertoimen ja poikkipinta-alan tulo, eli vetojäykkyys, ja A avattuna on $A=tw$, jossa t=paksuus ja w=materiaalin leveys. Venyvyyden ollessa pienempi, painorekisterin tarkkuus paranee. Suuremmalla venyvyydellä painorekisterissä ja etiketöinnissä tulee kohdistusongelmia.

3.2 Paksuusprofiilimittauksen kehittäminen UPM Raflatac Oy:ssä

Paksuusprofiilimittalaite hankittiin UPM Raflatacin tutkimus- ja tuotekehitykseen muovikalvonkehitystarpeita varten. Uusi laite soveltuu ensisijaisesti muovikalvojen paksuuden selvittämiseen entistä nopeammin ja suuremmassa mittakaavassa, jolle on ollut jo jonkin aikaa tarvetta.

Paksuuden aiheuttamat ongelmat painorekisterissä, stanssauksessa ja etiketöinnissä johtavat materiaalien tarkkaan tutkimiseen jo tuotekehitysvaiheessa, jotta voidaan saavuttaa paras mahdollinen lopputulos asiakkaalle ja sitä mukaan saadaan myös loppukäyttäjät tyytyväisemmiksi.

4 LAITTEEN KÄYTTÖNOTTO

4.1 Laitteen toiminta

Muovikalvon paksuuden mittaria käytetään mittaamaan puhallus- ja tasokalvomenetelmässä muodostuneen kalvon paksuutta. Ennen mittausta laite tulee kalibroida ja nollapiste tulee tarkistaa. Mitattava näyte asetetaan mittausalustan päälle ja se kulkeutuu kumisen nipin läpi ja näyte mitataan automaattisesti. Laite on varustettu kapasitiivisella anturilla, jonka avulla saavutetaan tarkkaa mittaustulosta paksuudesta. Kapasitiivinen sensori kalibroitu automaattisesti toisella anturilla, jonka avulla saadaan absoluuttinen mittaustulos. Mittaustulokset lähetetään kytkettynä olevaan tietokoneeseen. Paksuusprofiili ja mittausravot saadaan tietokoneelle ja ne voidaan tulostaa.

Laiteessa käytettävät mittaamenetelmät ovat nimeltään kapasitiivinen, kalibrointi ja DIN/ISO ja ne voidaan valita toimintavalikosta. Ensimmäisessä menetelmässä paksuus lasketaan todellisella tai ennalta määritetyllä kalibrointikertoimella, joka lasketaan neliömassan (kg/m^2) ja tiheyden (kg/m^3) avulla. Kalibrointi-menetelmässä kapasitiivinen anturi mittaa taajuuseroja ja lähettää ne tietokoneelle mittauksen aikana. Tästä lasketaan kalibrointikerroin ja keskimääräinen paksuus lasketaan kaikista kalibrointimittauspisteistä. Viimeisessä menetelmässä paksuus mitataan tietyissä pisteissä todellisen anturin kanssa.

4.2 Laitteen kalibrointi

Mittaustavan valinnan jälkeen kalibrointi tapahtuu painamalla START/STOP-painiketta. Tällöin kalibrointisensori liikkuu automaattisesti käyttöalustan päälle ja useita kalibrointimittauksia tapahtuu normaalien mittausten aikana. Mittauksen lopussa kalibrointimittauksia verrataan kapasitiivisiin mittauksiin ja kalibrointikerroin lasketaan automaattisesti mitattavalle filmille/näytteelle. Kalibroinnin jälkeen kalvonäyte jatkaa liikkumista kapasitiivisen sensorin läpi ja mittausta saatetaan näin päätökseen, jos oikea näytteen pituus on syötetty (Film Thickness Measurement Unit GPA-Cap 2011, 25).

Laitteen mitattua mittauspisteet tietyin välimatkein, keskimääräinen paksuus lasketaan jatkuvalla mittaukselle kapasitiivisen anturin avulla. Tämä kalibrointiproseduuri on samanlainen kuin mitattaessa keskimääräistä paksuutta mekaanisella tarkastuksella, joka on kuvattu standardissa DIN 53370.

Tarkka kapasitiivinen mittaus riippuu kalibroinnin laadusta. Siksi suositellaan mitattavan näytteen ja mittauslevyjen puhdistamista pölystä ennen jokaista mittausta. Myös nollapiste tulee tarkistaa ennen mittausta ja niiden jälkeen (Film Thickness Measurement Unit GPA-Cap 2011, 25).

4.3 Käytettävät näytteet

Laitteen soveltuvuutta testataan ensisijaisesti pintamateriaaleille, mutta selvitetään myös soveltuvuus erilaisille taustamateriaaleilla ja papereille.

Näytteen koko on kerrottu manuaalissa ja sen tulee olla leveydeltään maksimissaan 100 mm ja pituudeltaan 19 999 mm. Pituuden ollessa 6 000 mm tai sen alle tulee käyttää tukitelinettä. Tämän työn alussa näytteen mitoiksi sovittiin, että ne ovat 100 mm · 2 000 mm. Rinnakkaisten mittausten määrä on aluksi viisi, sillä se on määrä, joka on melko helposti leikattavissa Pilot-rullista. Mittasarjaan valittiin 12 näytettä, joista tehdään kattava mittaussarja muovikalvoilla, mukana on muutama taustakin. Alussa laitteeseen tutustuessa testataan polyeteeni- ja polypropeenikalvoja. Testataan myös kahta eri paperilaatua eri olosuhteissa.

Näytteet leikattiin pöytään piirretyillä merkinnöillä mattopuukkoa ja pitkää viivainta avuksi käyttäen, mutta voidaan kehittää sopivampi ja nopeampi keino tähän. Mahdollisia menetelmiä ovat joko urat leikkuupöydässä tai leikkuri. Leikkuria käytettäessä tulee välttää muodostamasta liikaa poimuja mitattavaan näytteeseen, jottei näyte vahingoitu.

4.4 Häiriötekijät

Tässä kappaleessa on listattu asioita, jotka vaikuttavat mittaustuloksiin ja ne tulee ottaa huomioon ennen jokaista mittausta. Alla olevat listatut asiat perustuvat standardiin

nimeltä ISO 4593:1993(E) (Plastics – films and sheeting – Determination of thickness by mechanical scanning).

Näytteiden tulee olla noin 100 mm levyisiä koko pituudeltaan, eikä niissä saisi olla juuri minkäänlaisia poimuja, eikä muitakaan epäkohtia. Näytteiden tulee olla yksi tunti 23 °C:ssa (+/-2 °C) ennen mittaamista. Laitteen käyttöohjeissa on opastettu putsamaan käytettävät näytteet pölystä ennen mittaamista. Mittausanturin nollakohta tarkastetaan ennen jokaista mittausta ja myös mittaussarjan jälkeen. Mittauspisteet tulee olla tasaisesti sijoitettuja koko pituudeltaan seuraavanlaisesti

- a) 10 pistettä näytteille, joka ovat lyhyempiä kuin 300 mm
- b) 20 pistettä näytteille välillä 300 mm ja 1 500 mm
- c) vähintään 30 pistettä näytteille, jotka ovat pidempiä kuin 1 500 mm.

Toisaalta DIN 53370:2006-11 kertoo, että mittauspisteiden vähimmäismäärä eri pituisilla filminäytteillä tulee olla seuraavanlaiset

- a) 10 mittauspistettä pituudelle 2 000 mm (=mittauspisteiden vähimmäismäärä)
- b) 20 mittauspistettä pituudelle 4 000 mm
- c) 30 mittauspistettä pituudelle 6 000 mm.

Oikea mittauspisteiden määrä on automaattisesti asetettu GPA-Win käyttöjärjestelmään, jos laite on säädetty DIN/ISO-mittausmenetelmään.

5 TUTKIMUSTYÖ

5.1 Osio I: Laitteen soveltuvuus tuotekehityslaboratorioon

5.1.1 Laitteen soveltuvuus pintamateriaaleille

Tavoitteena on mitata näytteiden paksuusprofiilit poikkisuunnassa ja katsoa esiintyykö paljon paksuusvaihteluita. Testimateriaaleina käytetään sekä puhallus-polyeteenikalvoa että tasokalvomenetelmällä tehtyjä polyeteeni- ja polypropeenikalvoja. Näytteet PE-1 ja PE-2 ovat puhalluspolyeteenikalvoa ja näytteet PE-3 ja PE-4 ovat tasokalvomenetelmällä valmistettuja polyeteenikalvoja. PP-1 ja PP-2 ovat myös tasokalvoa, mutta materiaali on polypropeenaa. Näytteet PP-3 ja PP-4 ovat puhalluspolypropeenikalvoa. Muovinäytteitä ei tarvitse ilmastoida, sillä muovi ei varaa itseensä kosteutta.

5.1.2 Soveltuvuus taustamateriaaleille

Taustana testataan PET-1:stä, joka on polyeteenitereftalaattia ja PP-7:ää, joka on polypropeenaa.

5.1.3 Soveltuvuus papereille

Laite ei sinänsä sovellu suoraan papereille, mutta sitä halutaan testata myös näille materiaaleille. Käytetään kahta eri paperilaatua ja testataan ensin olosuhteissa, jolloin lämpötila on +23 °C ja kosteus 22% . Testataan myös standardi-olosuhteissa, jolloin lämpötila on +23 °C, ± 2 °C ja kosteus 50%, $\pm 5\%$. Tässä tulee ottaa huomioon, että paperinäytteet vaativat neljän tunnin ilmastointiajan.

5.2 Osio II: Laitteen luotettavuus

Laitteen luotettavuuden selvittämiseen käytetään tilastollisia menetelmiä, eli lasketaan Minitab-tietokoneohjelmalla.

6 TULOKSET

6.1 Osio I: Laitteen soveltuvuus tuotekehityslaboratorioon

6.1.1 Laitteen soveltuvuus pinta- ja taustamateriaaleille

Näytteet 1-10 ovat pintakalvoa ja näytteet 11 ja 12 ovat taustamateriaalia. Uudella laitteella mittaukset tehtiin olosuhteissa, jossa lämpötila on $+23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ja ilman kosteus 22 %. Vanhemmalla paksuusmittarilla mittaukset on tehty standardi-olosuhteissa, jolloin olosuhteet olivat $+23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ja ilman kosteus $50\% \pm 5\%$. Muovikalvo ei sido itseensä kosteutta ja tämän takia tuloksia voidaan verrata. Vanhempi laite on merkiltään Lorentzen&Wettre.

TAULUKKO 1. Tulokset muovikalvoista

Näyte	Materiaali	Uusi laite		Vanha laite	
		Keskiarvo/ μm	Keskihajonta	Keskiarvo/ μm	Keskihajonta
1	PE-1	82,2	2,1	83	2,3
2	PE-2	79,9	2,2	81	2,4
3	PE-3	86,2	1,1	87,6	1,0
4	PE-4	87,3	1,8	86,9	1,8
5	PP-1	49,6	0,8	52,0	0,8
6	PP-2	59,6	0,5	61,3	0,5
7	PP-3	58,9	1,4	60,7	1,1
8	PP-4	58,9	1,5	60,0	0,6
9	PP-5	49,3	0,9	50,6	0,9
10	PP-6	50,7	1,2	51,5	0,9
11	PET-1	23,0	0,8	26,3	1,0
12	PP-7	29,5	0,6	31,2	0,7

Keskihajonnassa uudemmalla mittalaitteella käytetään arvona 1σ ja vanhalla laitteella keskihajonta lasketaan Excelin avulla mittauspisteistä.

6.1.2 Soveltuvuus papereille

Seuraavassa taulukossa 2 näkyvät mittaustulokset papereista olosuhteissa, jossa lämpötila on $+23^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ja ilman kosteus on 22 %.

TAULUKKO 2. Tulokset papereista lämpötilassa $+23^{\circ}\text{C}$, kosteus 22%

Uusi laite			
Näyte	Materiaali	Keskiarvo/ μm	Keskihajonta
1	PA-1	65,1	1,9
2	PA-2	48,0	2,6

Taulukossa numero 3 mittaustulokset näkyvät papereista olosuhteissa, jossa lämpötilan tulisi olla $+23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ja kosteuden $50\% \pm 5\%$. Mittaustilanteessa lämpötila on kuitenkin $+26^{\circ}\text{C}$ ja kosteus vain 43%, eli nämä poikkeavat hieman standardi-olosuhteista.

TAULUKKO 3. Tulokset papereista standardi-olosuhteissa

Uusi laite				Vanha laite	
Näyte	Materiaali	Keskiarvo/ μm	Keskihajonta	Keskiarvo/ μm	Keskihajonta
1	PA-1	67,5	2,2	70,2	0,8
2	PA-2	47,7	1,9	50,7	0,9

6.2 Paksuusprofiilikartan muodostaminen

Seuraavaksi käydään läpi periaate, jolla paksuusprofiilikartta voidaan muodostaa. Mittauksesta otetaan ylös 12 mittauspistettä jokaisesta rinnakkaisesta, joita on tässä tapauksessa viisi kappaletta. Ensimmäisenä esimerkkinä on näyte PE-1. Sille on laskettu taulukossa keskihajonta sekä CD- että MD-suuntaan. Lisäksi lasketaan kokonaishajonta kaikista mittauspisteistä yhdellä näytteellä. Lopuksi lasketaan jäännöshajonta, joka lasketaan ottamalla neliöjuuren alle seuraavaa; kokonaiskeskihajonta korotettuna toiseen potenssiin, siitä vähennetään MD-suunnan keskihajonta korotettuna toiseen potenssiin ja tästä vähennetään vielä CD-suunnan keskihajonta korotettuna toiseen potenssiin. Kaava 3 selventää asiaa.

$$\text{Jäännöshajonta} = \sqrt{\text{Haj}_{\text{kok}}^2 - \text{Haj}_{\text{MD}}^2 - \text{Haj}_{\text{CD}}^2} \quad (3)$$

Paksuusprofiilikarttojen esimerkit näytteistä PE-1, PE-3 ja PP-1 löytyvät tarkemmin liitteestä numero 2. Taulukossa 4 on esitetty näytteiden 1,3 ja 5 keskihajonnat ja jäännöshajonta yhtenä taulukkona.

TAULUKKO 4. Keskihajonnat ja jäännöshajonta näytteillä 1, 3 ja 5

Näytenumero	1	3	5
MD	0,49	1,03	1,9
CD	1,29	0,5	0,6
KOK	2,25	1,4	2,06
Jäännöshajonta	1,78	0,8	0,54

6.3 Osio II: Laitteen luotettavuus

Laitteen luotettavuuden selvittämistä varten lasketaan Minitab-ohjelmalla näytteiden sopiva määrä, kuinka se on suhteessa keskihajontaan ja haluttujen erojen näkemiseen. Asetetaan differentiaaliksi 0,5; 1, 2, 3, 4, ja 5, joka tarkoittaa, minkälaisia eroja näytteiden välillä halutaan nähdä mikrometreinä ja keskihajonnaksi laitetaan 1, 2 ja 3. Näiden avulla voidaan selvittää tarvittava näytteiden määrä.

TAULUKKO 5. Tarvittava näytteiden määrä keskihajonnoilla 1, 2 ja 3

Diff/ μm	Keskihajonta		
	1	2	3
0,5	44	171	381
1,0	13	44	97
2,0	5	13	26
3,0	4	7	13
4,0	3	5	9
5,0	3	5	7

Riittävä näytteiden määrä vaihtelee asetetun keskihajonnan mukaan. Taulukosta 4 nähdään, että pienimpiä 0,5 μm eroja nähdään suuremmalla näytteiden määrällä. Jos erojen näkemiseen riittää esim. 2 μm , niin tällöin näytekooksi keskihajonnalla 1 riittää 5. Keskihajonnalla 2 näytekoko on 13 ja tällöin paksuusprofiilimittalaitteen koskettavan anturin automaattisesti tehtävä 12 mittauspistettä ei aivan riitä, mutta kapasitiivisen

2000 mittauspistettä kattaa koko taulukon. Eli laite soveltuu tutkimus- ja tuotekehityslaboratorion tämän hetkisiä käyttötarpeita varten.

7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Osio I: Laitteen soveltuvuus tuotekehityslaboratorioon

7.1.1 Laitteen soveltuvuus pinta- ja taustamateriaaleille

Uusi paksuusprofiilimittalaite soveltuu pinta- ja taustamateriaalien mittaamiseen ja taulukon 1 mukaan tulokset ovat verrattavissa vanhaan paksuusmittariin.

7.1.2 Soveltuvuus papereille

Muovikalvojen paksuusprofiilimittalaite ei ole kovinkaan soveltuva papereille, ainakaan kokeissa käytetyistä melko niukasta näytemateriaalimäärästä saatujen tulosten perusteella. Lisäksi ero vanhempaan paksuusmittariin on tulosten mukaan jopa 3 μm , joka on melko paljon.

7.2 Paksuusprofiilikartan muodostaminen

Todellisuudessa paksuusprofiilikartta tulee muodostaa alueesta, joka on tasasivuinen, eli käytännössä neliön muotoisesta alueesta. Esimerkkinä voisi tässä olla 1 m · 1 m näyte, josta leikataan kymmenen kappaletta 10 cm:n levyisiä näytteitä. Kappaleessa 6.2 on käyty läpi ne vaiheet, joilla voidaan tulevaisuudessa tehdä paksuusprofiilikartta oikeanlaisesta alueesta.

7.3 Osio II: Laitteen luotettavuus

Laitteen luotettavuutta laskettiin edellä kappaleessa 6.3. Tulosten perusteella voitiin todeta, että koskettava anturi 12 mittauspisteellä, kalibrointi-mittausmenetelmällä, riittää näkemään 3 μm erot keskihajonnoilla 1,2 ja melkein 3. Pienempien erojen, kuten 0,5-1 μm , voidaan hyvin saada selville kapasitiivisen anturin 2000 mittauspisteellä.

Näytteiden määrä riippuu siitä, kuinka pieniä tilastollisia eroja tuloksissa halutaan nähdä.

Laitteen antureiden tekniset ominaisuudet näkyvät tarkemmin kuvassa 6.

<u>Calibration sensor:</u>	Measurement range: 0 - 300 μm
	Resolution: 0.1 μm
	Measurement accuracy: $\pm 0,2 \mu\text{m}$
	Force acting against calliper: 0.3 – 0.5 N
<u>Capacitance sensor:</u>	Measurement surface: 0.5 cm^2
	Measurement frequency: 20 kHz
	Resolution: 0.1 μm

KUVA 6. Antureiden tekniset ominaisuudet (Octagon Process Technology GmbH)

Termien suomennotukset ovat: measurement range = mittauksen vaihtelualueen rajat, resolution = laitteen erotuskyky, measurement accuracy = mittauksen tarkkuus, force acting against caliper = voima mittausalustaa vasten, measurement surface = mittauspinta-ala, measurement frequency = mittauksen taajuus.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOTOIMENPITEET

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että laite soveltuu ensisijaisesti muovikalvojen mittaamiseen ja palvelee täten tutkimus- ja tuotekehityslaboratorion käyttötarpeita. Laitteen soveltuvuutta papereille tulee vielä tutkia paremmin, sillä näillä tutkimuksilla laite soveltuu papereiden paksuusprofiilien mittaamiseen, mutta laitteella ei saada selville paperin absoluuttista paksuutta.

Kun uutta paksuusprofiilimittalaitetta verrataan vanhempaan paksuusmittariin, niin voidaan todeta, että muovikalvojen mittaamiseen uusi laite on kätevämpi kuin manuaalisesti käytettävä paksuusmittari.

Lisäksi luotettavuuden selvittäminen laskennallisesti ja paksuusprofiilikarttojen muodostaminen olivat tavoitteina. Luotettavuus selvitettiin, ja johtopäätöksenä voidaan todeta, että laitteen kyvykyys saavutetaan 2000 mittauspisteen avulla. Paksuusprofiilikartan muodostamisen periaate selvitettiin, mutta jatkossa se tulee muodostaa esimerkiksi neliöstä, jonka koko on 1 m · 1 m.

Tavoitteet saavutettiin sovitus- ja aikataulussa ja molemmat osapuolet ovat tyytyväisiä. Tulosten analysointia olisi voinut olla enemmän ja uuden paksuusprofiilimittarin ohjelman antamien tunnuslukujen analysointi vaatii jatkossa tarkempaa perehtymistä.

LÄHTEET

Blown Film Extrusion. 2013. Windmöller & Hölscher KG.

Company Presentation. 2013. UPM Raflatac.

Film Thickness Measurement Unit GPA-Cap. 2011. Octagon.

Hildén, S. 2013. Paksuusmittaus. UPM Raflatac.

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen M. 2002. Muovitekniikan perusteet. 3. painos. Hakapaino Oy

Manner, M. Tuotekehitysinsinööri. 2014. Haastattelu 30.1.2014. Haastattelija Moisio, K. Tampere

Melamies, M. 1994. FEM-analyysi taustapaperin vaikutuksesta tarralaminaatin rotaatiostanssukseen. Kuljetusvälinetekniikan laitos. Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.

Moisio, K. 2012. Harjoitteluraportti. Tampereen ammattikorkeakoulu.

Patrakka P. 1995. Tarralaminaatin rotaatiostanssaus. Puunjalostustekniikan laitos. Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.

Pennala E. 1995. Lujuusopin perusteet. 7. painos. Hakapaino Oy.

Plastics - Film and sheeting - Determination of thickness by mechanical scanning. 1993. ISO.

Pietari, I. Tuotekehitysjohtaja. 2014. Haastattelu 20.3.2014. Haastattelija Moisio, K. Tampere

Pirisjoki, M. Tuotekehityspäällikkö. 2014. Haastattelu 7.3.2014. Haastattelija Moisio, K. Tampere

Software GPA-WIN for Windows. 2011. Octagon.

Testing of plastic films – Determination of thickness by mechanical scanning. 2006. DIN.

