

Laminointiliiman mittauslaitteen hyödyt

LAB-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Konetekniikka
2024
Joonatan Hakomäki

Tiivistelmä

Tekijä(t) Joonatan Hakomäki	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 22	Valmistumisaika 2024
Työn nimi Laminointiliiman mittauslaitteen hyödyt		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajaorganisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) toimeksiantajan nimeä ei mainita salassapitovelvollisuuden vuoksi		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Synaptik g-scan -laminointiliiman mittauslaitteen hyödyt. Työssä verrattiin vanhalla punnitsemismenetelmällä otettuja tuloksia Synaptikin antamiin tuloksiin eri kalvoilla ja kalvoveyksillä. Työssä oli myös tarkoituksena pohtia mahdollisia keinoja liimaprofiilin parantamiseen. Opinnäytetyö tehtiin isolle suomalaiselle joustopakkausalan yritykselle, joka halusi pysyä nimettömänä. Yritys tuottaa pakkausratkaisuja elintarvike- ja lääketieteellisuuden yrityksille.</p> <p>Työn teoriaosassa käydään läpi eri laminointitekniikoita, laminointikoneita, yleisimpiä muovimateriaaleja, laminointiliimoja sekä esitellään Synaptik-laite ja vanha mittausmenetelmä.</p> <p>Työn aikana seurattiin liimamääriä eri laminaateilla ja kalvoveyksillä. Mittaukset tehtiin käsin sekä Synaptik-laitteella.</p> <p>Työn tuloksena selvisi, että Synaptik helpottaa merkittävästi operaattoreiden työtä ja parantaa liimaprofiilia. Synaptikin ansiosta tulee vähemmän jätettä sekä liimaa kuluu vähemmän.</p>		
Asiasanat laminointi, muovi, kalvo, liima		

Abstract

Author(s)	Type of Publication	Published
Joonatan Hakomäki	Thesis, UAS	2024
	Number of Pages	
	22	
Title of Publication		
The benefits of the laminating adhesive measuring device		
Degree, Field of Study		
e.g. Engineer (UAS), Mechanical Engineering		
Organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party)		
The name of the client is not mentioned due to the obligation of confidentiality		
Abstract		
<p>The aim of the thesis was to investigate the benefits of the Synaptik G-scan laminating adhesive measurement device. During the study, results obtained using the traditional weighing method were compared with those provided by Synaptik using different films and film widths. The goal was also to consider possible methods for improving the adhesive profile. In the theoretical part of the thesis, various lamination techniques, laminating machines, common plastic materials, laminating adhesives, as well as the Synaptik device and the old measurement method are discussed.</p> <p>The thesis was conducted for a large Finnish flexible packaging company, which preferred to remain anonymous. The company specializes in providing packaging solutions for the food and pharmaceutical industries. It was found during the study that Synaptik greatly facilitates the work of production employees and improves the quality of products. Adhesive amounts were monitored for different laminates and film widths. Measurements were conducted manually as well as the Synaptik device.</p>		
Keywords		
lamination, plastic, film, adhesive		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Laminointiprosessi.....	2
2.1	Laminointiprosessi yleisesti.....	2
2.2	Laminointitekniikat.....	2
2.2.1	Märkälaminointi.....	3
2.2.2	Kuivalaminointi.....	3
2.2.3	Ekstruusiolaminointi.....	4
2.2.4	Liutinvapaa laminointi.....	7
2.3	Laminointikoneet.....	8
3	Liimat.....	11
3.1	Laminointiliimat.....	11
3.2	Primääriset aromaattiset amiinit.....	12
3.3	Liimamäärän mittaussmenetelmät.....	13
4	Materiaalit joustapakkausteollisuudessa.....	16
4.1	Muovien jaottelu.....	16
4.2	Polyeteeni.....	16
4.3	Polypropeeni.....	17
4.4	Polyeteenitereftalaatti.....	17
4.5	Polyamidi.....	17
4.6	EVOH – Eteenivinyylialkoholi.....	17
5	Kokeellinen osuus.....	18
5.1	Työn prosessi.....	18
5.2	Eri laminaatit sekä kalvovevydet.....	18
5.3	Tulokset.....	19
6	Yhteenveto ja pohdinta.....	20
	Lähteet.....	21

1 Johdanto

Joustopakkausteollisuudessa laminointi on tärkeä prosessi tuotteiden valmistuksessa. Laminointiprosessiin vaikuttaa moni asia. Yksi merkittävästi laminoinnin onnistumiseen vaikuttava tekijä on laminointiliima ja sen määrä. Työn aikana perehdytään Synaptik laminointiliiman mittauslaitteen hyötyihin sekä tutkitaan ja verrataan Synaptikin antamia tuloksia käsin mitattuihin tuloksiin laminointiliiman määrästä. Työssä myös pohditaan mahdollisia keinoja laminoinnin optimoimiseen.

Työ tehdään isolle suomalaiselle joustopakkausteollisuuden yritykselle, joka valmistaa pakkausratkaisuita elintarvike- sekä lääketeollisuuden tarpeisiin. Ongelmana on ollut epätasainen liimaprofiili yhdellä yrityksen laminointilinjoista. Lisäksi laminointiliiman määrän saaminen oikeaksi on ollut vaikeaa ilman reaaliaikaista näkymää liimamäärästä. Epätasainen liimamäärä vaikuttaa laatuun sekä vaikeuttaa kalvon jatkokäsittelyä. Työn aikana selvitetään, helpottaako Synaptik-laite operaattoreiden työtä ja saako laitteen avulla liimamäärästä taiseemman. Työn aikana myös tutkitaan ja verrataan Synaptikin antamia mittaustuloksia.

2 Laminointiprosessi

2.1 Laminointiprosessi yleisesti

Laminointi on prosessi, jossa kaksi tai useampia materiaalikerroksia liimataan yhteen. Lopputuloksena on yhtenäinen rakenne. Prosessi sisältää liiman levittämisen kerrosten väliin, tyypillisesti kalvon tai nesteen muodossa. Liiman levittämisen jälkeen käytetään painetta ja/tai lämpöä vahvan sidoksen luomiseen. Kerrokset voidaan valmistaa erilaisista materiaaleista kuten kalvoista, papereista, kankaista tai komposiiteista riippuen tuotteen halutuista ominaisuuksista. Kalvot ovat käytetyimpiä materiaaleja laminoituissa pakkauksissa. (KDWpack 2023.)

Laminointia käytetään yleisesti eri teollisuudenaloilla, kuten pakkauksissa, graafisessa taiteessa, rakentamisessa, autoteollisuudessa ja elektroniikassa. Laminoointia käytetään nostamaan materiaalien lujuutta ja kestävyyttä, parantamaan tuotteen ulkonäköä sekä parantamaan tuotteen toimivuutta. Prosessin etuja on paremmat sulkuominaisuudet, lisääntynyt jäykkyys ja kosteuskestävyys sekä kulumisen suoja. (KDWpack 2023.)

Joustopakkausteollisuudessa yleisesti käytetyt laminaatit koostuvat yleensä kahdesta päärainasta. Yksi raina on polyeteenipohjainen koekstruusioikalvo, jossa on useampi kerros. Kerroksia ovat sidekerros sekä sulkukerros. Sulkukerros suojaa kosteudelta ja kaasuilta. Toinen raina on usein venytetty BOPP (BOPP, tarkoittaa biaksiaalisesti orientoitua polypropeenikalvoa) - tai BOPET (BOPET, tarkoittaa biaksiaalisesti orientoitua polyeteenitereftalaattikalvoa) - kalvo, joka antaa tuotteelle lopulliset mekaaniset ominaisuudet, kuten lujuuden, jäykkyyden sekä joskus myös UV-suojan. Joissain tapauksissa lopullinen pakkaus koostuu useammasta kuin kahdesta kerroksesta. Tuotteessa voi olla paperikerros, joka antaa tuotteelle erilaisen ilmeen, tai alumiinikerros, joka estää kaasun tunkeutumisen ja suojaa täysin valolta. (Polysack 2024.)

Laminointia käytetään moniin eri tuotteisiin, kuten laminoitunut pakkaukset, laminoitunut lattiat, laminoitunut kyltit ja bannerit, laminoitunut henkilökortit ja asiakirjat sekä laminoitunut huonekalut. Laminoointia käytetään, suojaamaan materiaalia, tekemään materiaalista kestävämpää ja tekemään materiaalista monipuolisempaa erilaisiin sovelluksiin. (KDWpack 2023.)

2.2 Laminointitekniikat

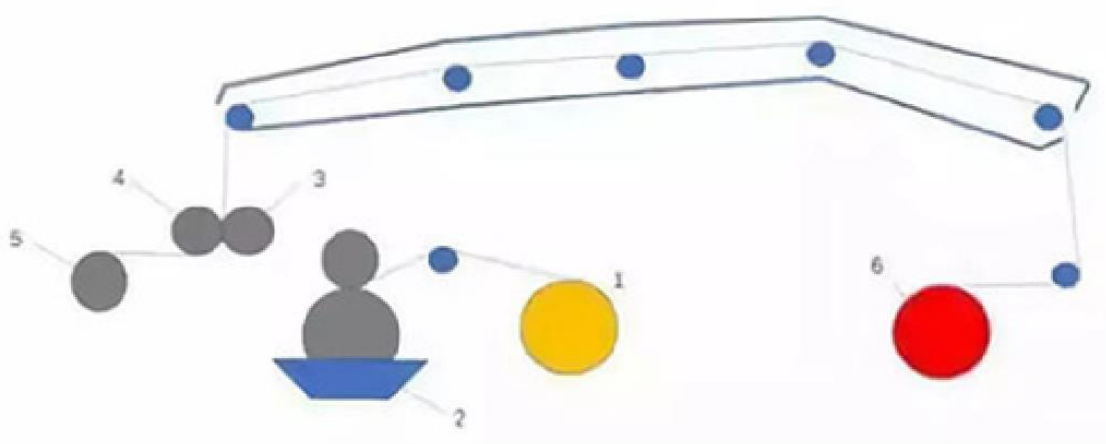
Laminointiprosessi voidaan suorittaa erilaisilla tekniikoilla, kuten märkä-, kuiva-, lämpö-, tai ekstruusiolaminointi, riippuen materiaaleista ja vaatimuksista. Menetelmän valinta riippuu laminoitavista materiaaleista, halutusta sidoslujudesta, tuotantonopeudesta ja laminoitun

tuotteen käyttökohteesta. Joustopakkausissa käytetään yleisesti kuivalaminointia, ekstruusiolaminointia ja liuotteetonta laminointia. (KDWpack 2023.)

2.2.1 Märkälaminointi

Märkälaminoinnissa (Kuvio 1) käytetään nestemäistä liimaa kahden tai useamman kerroksen yhdistämiseksi. Liima levitetään yhdelle kerrokselle, jonka jälkeen kerrokset puristetaan paineella yhteen. Märkälaminointia käytetään usein paperin laminoinnissa esimerkiksi kirjojen kansiin, esitteisiin ja tarroihin. Märkälaminoinnin etuja ovat monipuolisuus, korkea sidoslujuus ja hyvät sulkuominaisuudet. Huonoja puolia ovat pitkä tuotantoaika, isot laitteet, ympäristöhaitallisuus sekä epätasainen pinnoite. (KDWpack 2023.)

Märkälaminointi prosessi



- | | |
|----------------------|-------------------|
| 1- ensimmäinen raina | 5-toinen raina |
| 2-liimasäiliö | 6-laminoitu kalvo |
| 3-teräsakseli | |
| 4-teräsakseli | |

Kuvio 1. Märkälaminointiprosessi (KDWpack)

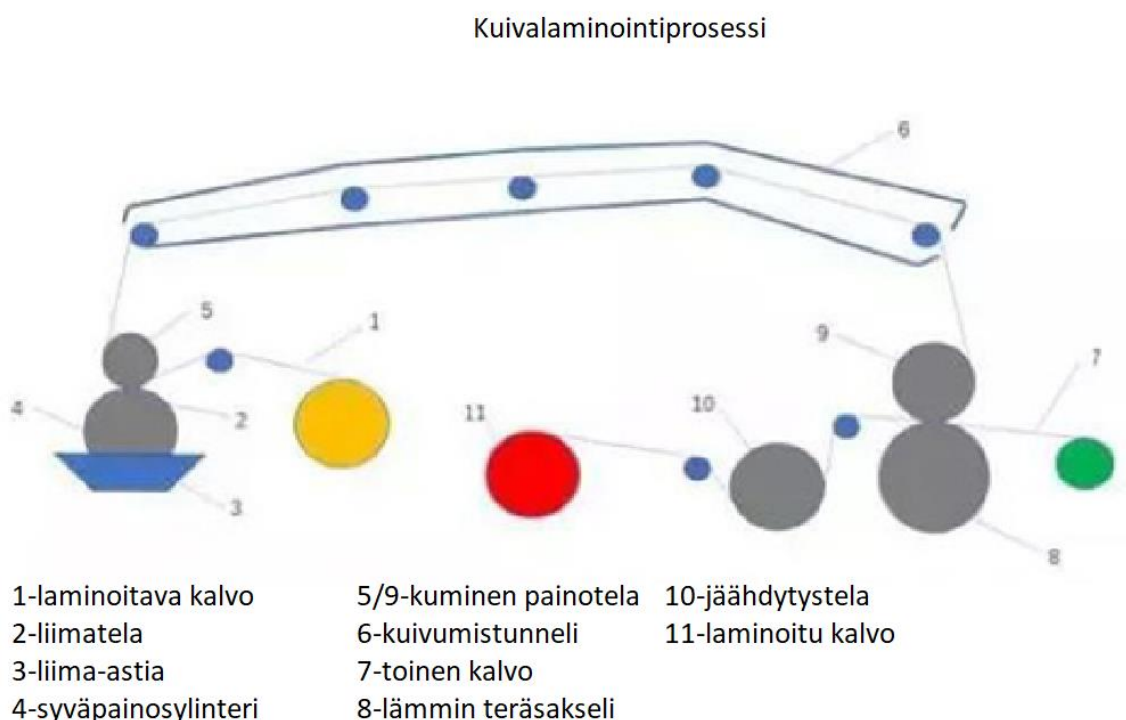
2.2.2 Kuivalaminointi

Kuivalaminoinnissa (Kuvio 2) liuotinpohjainen liima levitetään kalvolle, jonka jälkeen liuotin poistetaan kuivaamalla liima laminointikoneella. Liiman kuivaamisen jälkeen kalvo sidotaan toiseen materiaaliin, kuten alumiinifolioon, kuumapuristimella. Kuivalaminointia käytetään yleisesti kalvojen laminoinnissa. (KDWpack 2023.)

Kuivalaminointia käytetään laajasti erityyppisten kalvojen laminointiin paperilla ja alumiinifoliolla. Kuivalaminointi on suosittu laminointitekniikka, koska se kestää hyvin

elintarvikkeissa esiintyvien kemiallisten aineiden, kuten alkalien, happojen, mausteiden ja rasvojen korroosiota. Kuivalaminointi kestää myös hyvin vettä, esanssia ja emulgointiaineita, joita esiintyy kosmetiikkatuotteissa. Lisäksi se soveltuu pakkauksiin, jotka edellyttävät suojaa liuottimia ja torjunta-aineita vastaan. (Kdwpack 2023.)

Kuivalaminaatin etuina on korkea laminaattilujuus, hyvä läpinäkyvyys, hyvät paino-ominaisuudet sekä hyvät sulkuominaisuudet. Heikkouksia ovat pitkä tuotantoaika, rajoitettu lämmönkestävyys, ympäristön saastuminen sekä korkeat tuotantokustannukset. (KDWpack 2023.)



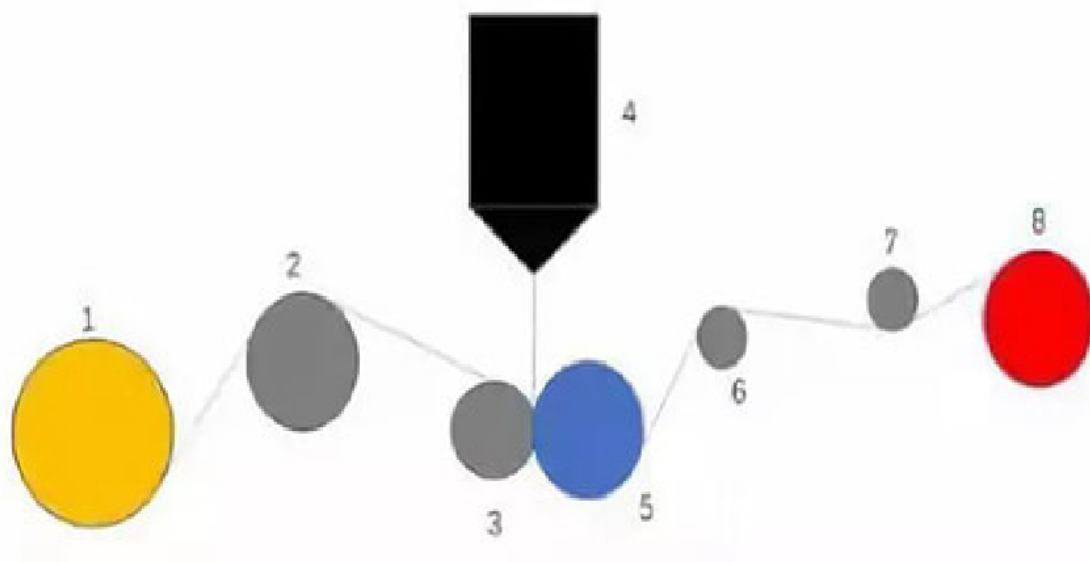
Kuvio 2. Kuivalaminointiprosessi (KDWpack)

2.2.3 Ekstruusiolaminointi

Ekstruusiolaminointi on tekniikka, joka sisältää materiaalin kuten polyeteenin tai polypropeenin ekstruusion. Prosessi alkaa kestomuovin syöttämisellä ekstruuderiin, jossa se sulatetaan ja muunnetaan litteäksi kalvoksi. Kalvo ohjataan sitten laminointiosaan, jossa siihen laminoidaan joko yksi tai kaksi kerrosta. Ekstruusiolaminointi voidaan jakaa kahteen luokkaan: ekstruusiopinnoitukseen ja ekstruusiolaminointiin. (KDWpack 2023.)

Ekstruusiopinnoituksessa (Kuvio 3) sulaa polymeeri levitetään laminoitavalle materiaalille, tyypillisesti kalvolle tai paperille, käyttämällä ekstruusiosuutinta. Polymeeri ekstrudoidaan ja liitetään välittömästi alustaan muodostaen laminoitun rakenteen. Ekstruusiopinnoitus luo yksikerroksisen laminoitikalvon, jossa polymeeripinnoite tarjoaa suojan, sulkuominaisuudet tai paremman ulkonäön. (KDWpack 2023.)

Ekstruusiopinnoitusprosessi

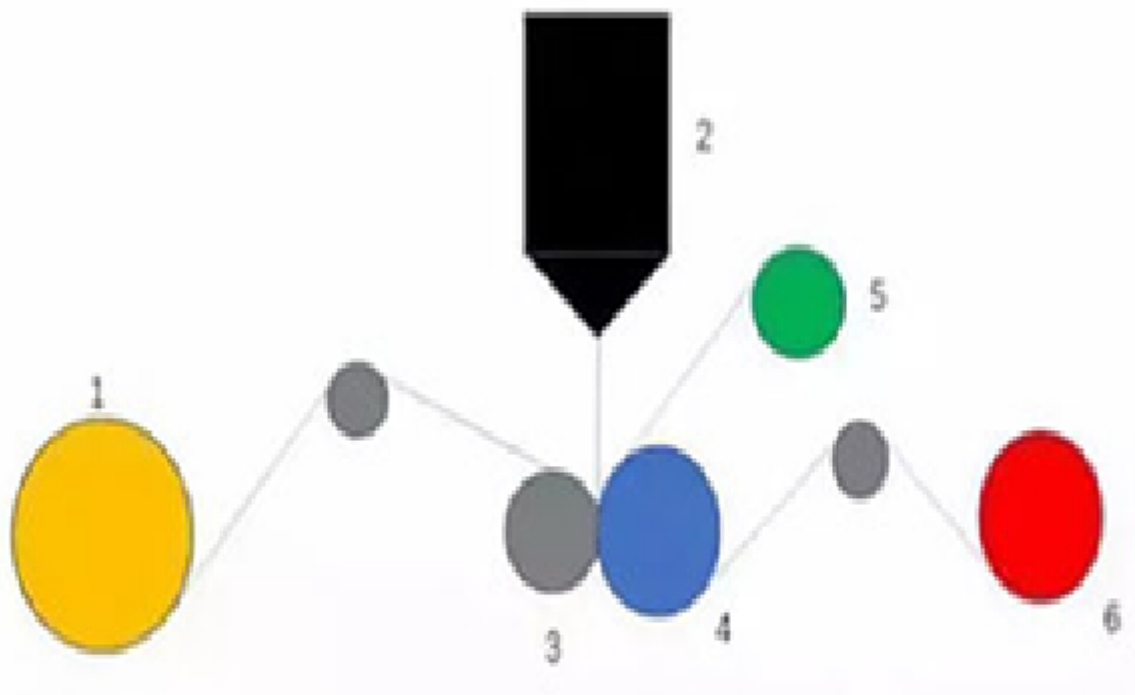


- | | |
|---------------------|-----------------|
| 1-laminoitava kalvo | 5-jäähdytystela |
| 2-vapaa tela | 6/7-vetotela |
| 3-kuminen painotela | 8-valmis kalvo |
| 4-ekstruuderi | |

Kuvio 3. Ekstruusiopinnoitusprosessi (KDWpack)

Laminaattipäällystyksen yhteydessä laminoitava materiaali koostuu tyypillisesti painetusta PET:stä (PET, tarkoittaa polyeteenitereftalaattia, joka on yleisesti käytetty materiaali pakkausteollisuudessa), BOPP:sta tai paperista. Esimerkki tyypillisestä laminaattipäällystyspakkausrakenteesta on pikanuudelipussi, joka yleensä koostuu painetusta BOPP-kerroksesta, joka on laminoitu polyeteenillä tai polypropeenilla. Ekstruusiolaminoinnissa (Kuvio 4) puolestaan ekstrudoidaan useampi polymeerikerros samanaikaisesti, jonka jälkeen kerrokset yhdistetään ja liitetään yhteen laminoitavaan materiaaliin paineen ja/tai lämmön kanssa. Ekstruusiolaminointi tuottaa monikerroksista kalvoa, jossa kullakin kerroksella on erilaisia ominaisuuksia, kuten sulkuominaisuudet, lujuus, painettavuus ja lämmönkestävyys. (KDWpack 2023.)

Ekstruusiolaminointiprosessi



- 1-laminoitava kalvo
- 2-ekstruuderit
- 3-kuminen painotela
- 4-jäähdytystela
- 5-toinen kalvo
- 6-laminoitu kalvo

Kuvio 4. Ekstruusiolaminointiprosessi (KDWpack)

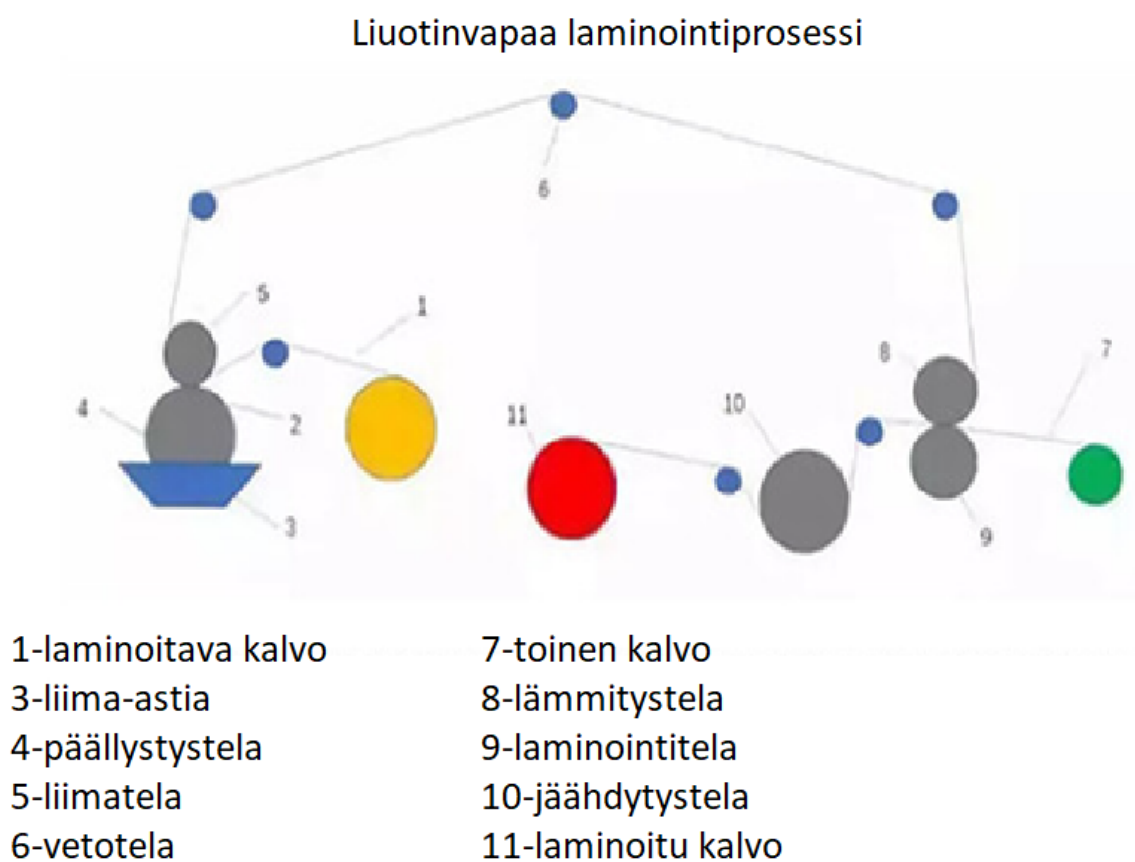
Muihin laminointitekniikoihin verrattuna ekstruusiolaminoinnilla on useita etuja. Ekstruusiolaminoinnin kustannukset ovat alhaisemmat, ja se vaatii pienemmän investoinnin, mikä tekee siitä kustannustehokkaan vaihtoehdon. Lisäksi tuotantotilat pysyvät puhtaana, koska liuotinpohjaisia liimoja ei tarvita. Ekstruusiolaminoinnissa on myös korkea tuotantotehokkuus. Lisäksi ohjausjärjestelmä on käyttäjäystävällinen, mikä helpottaa laminointiprosessin hallintaa ja ohjaamista. (KDWpack 2023.)

Kaiken kaikkiaan ekstruusiolaminoinnilla on merkittävä rooli muovien laminoinnissa. Sen kustannustehokkuus, puhdas tuotanto, liuotinjäämien puuttuminen ja käyttäjäystävällinen ohjaus tekevät siitä arvokkaan tekniikan muovilaminointiteollisuudessa. (KDWpack 2023.)

2.2.4 Liuotinvapaa laminointi

Liuotinvapaa laminointi (Kuvio 5) on prosessi, jossa liima levitetään laminoitavan materiaalin pinnalle ja sitten se liimataan paineen alaisena. Prosessi eroaa märkälaminoinnista siten, että märkälaminoinnissa käytetään liuottimia. Liuotinvapaata laminointia käytetään paljon joustopakkausteollisuudessa. Liuottimien puuttuminen poistaa kuivauskoneen tarpeen. (KDWpack 2023.)

Liuotteettoman laminoinnin etuja ovat ympäristöystävällisyys sekä erinomaiset tuoteominaisuudet. Liuottimien puute vähentää haihtuvien orgaanisten yhdisteiden päästöjä. Kuivauskoneen tarpeettomuus nopeuttaa tuotantoa ja vähentää energiakulutusta. Liuotteettomat liimat muodostavat vahvat sidokset, jonka tuloksena on eheät, vakaat ja kestävät laminaatit. (KDWpack 2023.)



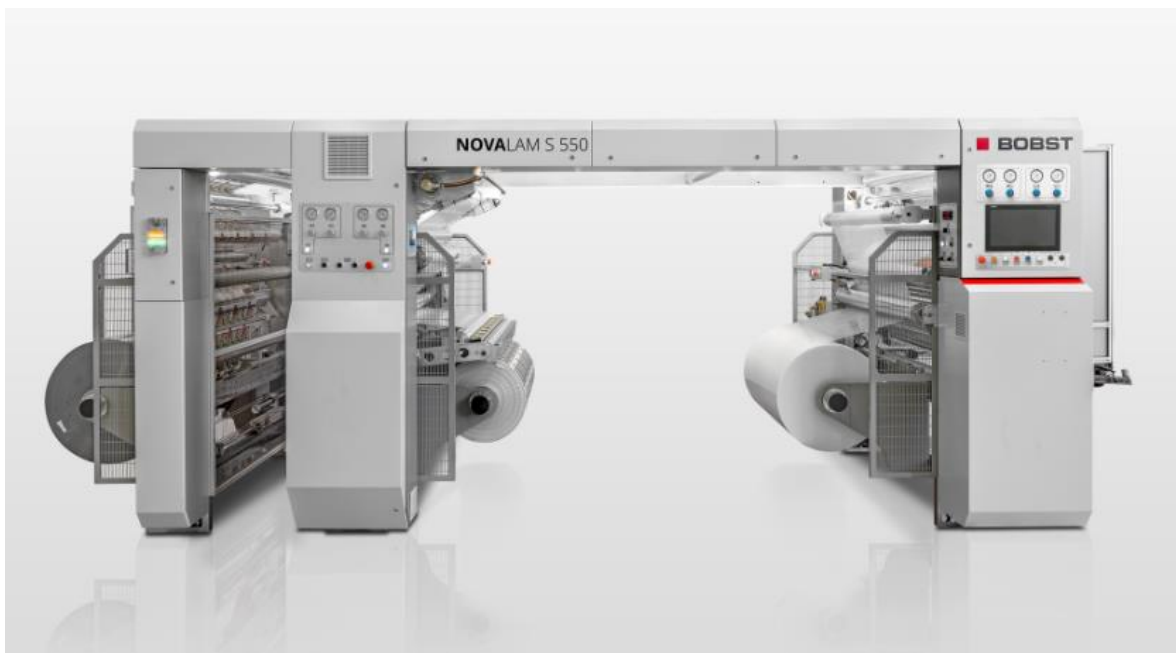
Kuvio 5. Liuotinvapaa laminointi (KDWpack)

2.3 Laminointikoneet

Laminointikoneiden rakenne vaihtelee niiden käyttötarkoituksen sekä käytettävien materiaalien mukaan, mutta pääsääntöisesti koneet sisältävät syöttöjärjestelmän, liimaus-, laminointi-, jäähdytys- ja leikkaus/viimeistely-yksiköt. Syöttöjärjestelmä vastaa raaka-aineiden syöttämisestä koneeseen. Usein syöttöjärjestelmässä on rullakelkka, joka pitää materiaalit jännitteessä ja ohjaa ne koneen läpi. Liimausyksikkö levittää liiman materiaalien väliin. Liiman tyyppi vaihtelee materiaalien ja vaatimusten mukaan. Laminointiyksikkö puristaa materiaalit yhteen nipitelöjen avulla. Materiaali tarvittaessa lämmitetään laminointiyksikössä. Jäähdytysyksikkö jäähdyttää laminoidun materiaalin. Leikkaus- ja viimeistely-yksikössä laminoitu materiaali leikataan haluttuun kokoon. (Pelican 2024.)

Joustopakkausteollisuudessa käytetään monenlaisia laminointikoneita. Tunnettuja laminointikoneiden valmistajia ovat esimerkiksi Comexi, Nordmeccanica ja Bobst. Laminointikoneita on monenlaisia erilaisilla ominaisuuksilla. Koneiden tyypillinen ratanoupeus on 300-600 m/min ja rullien leveydet vaihtelevat 800 mm:stä 1750 mm:iin. Osaan koneista sopii käytettäväksi pelkästään esimerkiksi liuotinvapaata liimaa kun taas toisilla koneilla voidaan käyttää kaikkia kolmea liima tyyppiä, jotka ovat liuotinpohjainen-, liuotinvapaa- ja vesipohjainen laminointiliima. (Comexi; Nordmeccanica; BOBST.)

Novalam S 550 (Kuva 1) on pienikokoinen, mutta monipuolinen laminointikone, jolla pystytään käsittelemään monia eri materiaaleja kuten alumiinifoliota, metalloitua kalvoa sekä ohuita ja venyviä materiaaleja. Vakiorainan leveydet ovat 1030 mm, 1330 mm, 1530 mm. Laminointinopeus voi olla maksimissaan 450 m/min. Pystyy käsittelemään rullia 1500 kg:aan asti. (BOBST 2024.)



Kuva 1. Novalam S 550 liuotinvapaa laminaattori (BOBST 2024)

Masterlam 1000 (Kuva 2) on edistynyt ja todella monipuolinen laminaattori korkean suorituskyvyn omaaviin joustopakkaussovelluksiin. Masterlam 1000 pystyy tuottamaan kolmi-kerroksisia laminaatteja eri substraattiyhdistelmistä. Rainan leveys on vakiona 1750mm ja maksimi laminointinopeus on 600 m/min. (BOBST 2024.)



Kuva 2 Masterlam 1000 laminaattori (BOBST 2024.)

Comexi ML2 evolution (Kuva 3) on laminointikone, joka pystyy käyttämään liuotinpohjaisia, liuotinvapaita ja vesipohjaisia laminointiliimoja. Mahdolliset radan leveydet ovat 930 mm,

1330 mm ja 1530 mm ja rullan maksimi halkaisija on 1000 mm ja paino 1000 kg. Laminointinopeus on maksimissaan 450 m/min. (Comexi 2024.)



Kuva 3. Comexi ML2 evoluition (Comexi)

3 Liimat

3.1 Laminointiliimat

Liiman tehtävä on kiinnittää kovettuessaan kaksi kappaletta toisiinsa kiinni vetysidosten avulla. Lisäksi niitä voidaan käyttää materiaalin pintaominaisuuksien muokkaamiseen ja jatkokäsittelyn helpottamiseen. Liimat jaetaan koostumuksensa mukaan joko synteettisiin tai luonnonmateriaalipohjaisiin, sekä toimintaperiaatteensa mukaisesti fysikaalisiin ja kemiallisiin muutoksiin perustuviin. Liimatyyppiä on monia ja niitä on kehitelty eri käyttötarkoituksiin, kuten puulle, metallille ja muoville. (Wikipedia 2024.)

Joustopakkausteollisuuden laminointiliimat ovat yleensä kaksikomponenttiliimoja, jotka koostuvat itse liimasta ja kovetteesta. Komponenttien sekoituessa tapahtuu kemiallinen reaktio, jolloin polymeerit yhdistyvät polyuretaaniksi. Liiman sekoitus voi tapahtua manuaalisesti tai automatisoidusti. (Wikipedia 2024.)

Adheesiolla tarkoitetaan kahden pinnan välistä tartuntavoimaa. Laminoitaessa adheesiota tapahtuu kun kaksi materiaalia kiinnittyvät toisiinsa laminointiliiman avulla. Adheesioon vaikuttavat käytetyn liiman pintaenergia ja kappaleiden pinnanmuodot. (Tesa 2024.)

Polyuretaanilaminointiliimoja käytetään useissa pakkaussovelluksissa, jotka vaativat vahvoja sidoksia ja nopeaa kovettumisaikaa. Polyuretaanilaminointiliimoja käytetään pakkaus-, auto- ja kuluttajatuotteiden valmistusteollisuudessa, koska niitä voidaan levittää useille erilaisille alustoille. (Henkel-adhesives 2024.)

Liutinvapailiimoilla on monia etuja, koska ne eivät sisällä liuottimia ja niitä voidaan käyttää turvallisesti monissa elintarvikepakkaussovelluksissa. Ne sopivat myös erityisesti kevyeen pakkaustarpeeseen. Liutinvapaiden laminointiliimojen ominaisuuksia ovat muun muassa.

- erinomainen koneajettavuus
- mukava käsittely
- optimaalinen musteen yhteensopivuus
- elintarviketurvallisuuden enimmäistaso
- korkea käyttäjäturvallisuus (R40/H351 vapaa)
- alifaattinen kovetus huoneenlämmössä
- korkea alkutarttuvuus. (Henkel-adhesives 2024.)

Liutinpohjaisia laminointiliimoja käytetään vaativissa pakkaussovelluksissa, joissa tarvitaan kestävyttä suurilla lämpöillä ja muilla rasituksilla vastaan. Liutinpohjaisilla liimoilla on

korkea sidoslujuus ja niitä voidaan käyttää useisiin joustaviin pakkaussovelluksiin. Liutin-pohjaisten laminointiliimojen ominaisuuksia ovat muun muassa

- suuri linjanopeus
- suuri kiintoainepitoisuus
- alifaattinen kovetus huoneenlämmössä
- kestävyys erittäin happamia/syövyttäviä aineita vastaan. (Henkel-adhesives 2024.)

Nykyaikana vesipohjaisten laminointiliimojen kysyntä on jatkuvassa kasvussa. Vesipohjaisten liimojen ominaisuuksia ovat muun muassa

- korkea lämmönkestävyys
- vähäinen haju
- hyvä vedenpitävyys
- nopea levitys
- matala vaahtoamistaipumus
- korkea alkutarttuvuus ja nopea kovettuminen
- helppo käsiteltävyys. (Henkel-adhesives 2024.)

3.2 Primääriset aromaattiset amiinit

Primääriset aromaattiset amiinit (PAA) ovat aineita, jotka voivat siirtyä elintarvikkeiden pakkausmateriaaleista elintarvikkeisiin ja jotka ovat mahdollisesti syöpää aiheuttavia. PAA:iden muodostuminen aromaattisista polyuretaaniliimoista tapahtuu pakkauksen sisäkerroksen pinnalle siirtyneiden jäännösisosyaanisten monomeerien ja saman muovipinnan kanssa kosketuksiin joutuvien vesimolekyylien välillä. (Sciencedirect 2021.)

PAA:iden muodostumisen riski on suuri, jos kovettumisprosessi ei ole valmis. Kovettumisen voi varmistaa tarpeeksi pitkällä kovettumisajalla. PAA:n hajoamisnopeuteen vaikuttavia asioita ovat seuraavat:

- Korkea lämpötila nopeuttaa kovettumista ja PAA:n hajoamista.
- Korkea ympäristön kosteus nopeuttaa kovettumista ja PAA:n hajoamista.
- Materiaalin tyyppi ja paksuus voi vaikuttaa kovettumisnopeuteen.
- Väärän liiman sekoitussuhteen käyttäminen voi vaikuttaa liiman ominaisuuksiin ja PAA:n hajoamisnopeuteen.
- Paksu liima kerros hidastaa PAA:n hajoamista. (Morchem 2024.)

3.3 Liimamäärän mittausmenetelmät

Punnitseminen

Yksi menetelmä liima määrän mittaamiseksi on punnitseminen. Punnitseminen tapahtuu ottamalla laminoidun kalvon reunoista sekä keskeltä neliöpaino. Punnitsemisen jälkeen laminoidut kerrokset erotetaan toisistaan ja pyyhitään laminointiliima pois etyyliasetatilla. Kun liima on poistettu, kalvot punnitaan uudestaan. Punnitustulosten erotus kertoo liimamäärän tuotteessa. Yrityksessä johon työ tehdään punnitseminen oli menetelmä, jolla liimamäärät mitattiin ennen Synaptikin asentamista (Operaattori yrityksessä.)

Synaptik G-scan

Synaptik G-scan on järjestelmä, jonka avulla liimamäärää voidaan seurata reaaliajassa. G-scan on todella tarkka järjestelmä, joka käyttää infrapunatekniikkaa liimamäärän mittaamiseen. G-scanilla voidaan mitata sekä liuotinpohjaisia että liuotteettomia liimoja. Materiaali voi olla painettua tai kirkasta. Synaptik skannaa liimamäärää laminoidusta kalvosta automaattisesti koko radan leveydeltä ja tallentaa mitatut arvot. Synaptik antaa hälytyksen, jos liimamäärä menee asetettujen raja-arvojen ulkopuolelle. (Song Song; Synaptik.)

Kuvassa 4 näkyy Synaptikin anturi, joka mittaa liiman määrää. Anturi voi sijaita joko radan ylä- tai alapuolella. Mittauspisteitä asetetaan tyypillisesti viisi tasaisesti radan leveydelle. Synaptikissa on myös ominaisuutena full scan, jolloin laite tekee liimaprofiilin (kuva 6). Synaptikin näytöllä ajon aikana näkyy liimamäärät eri mittauspisteissä, ratanopeus, asetetut raja-arvot sekä työn nimi. (Kuva 5) (Song Song; Synaptik.)



Kuva 4. Synaptikin anturi (Synaptik)



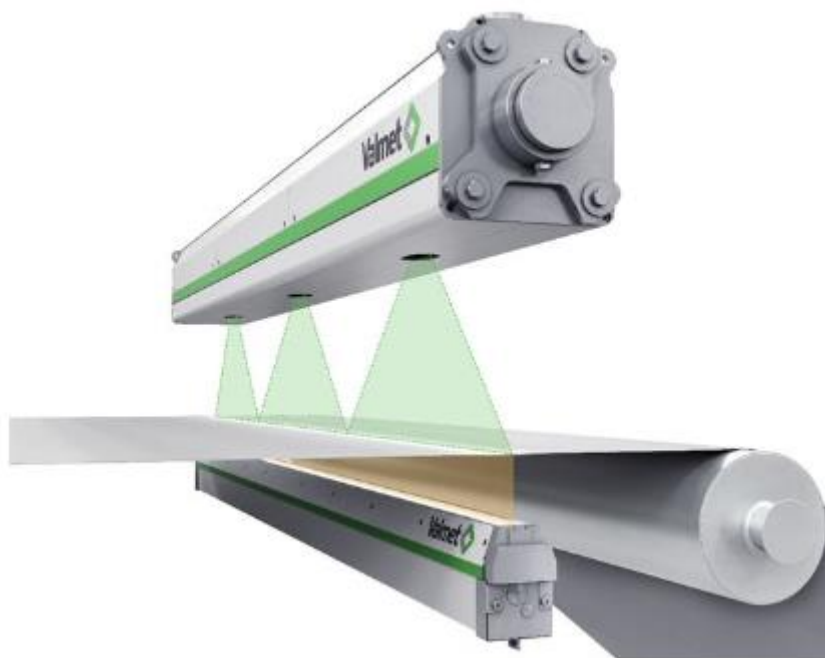
Kuva 5. Synaptikin näyttö (Synaptik)



Kuva 6. Liimaprofiili 1690 mm leveästä kalvosta

Valmet IQ

Valmet IQ (Kuva 7) on järjestelmä, jolla voidaan tarkkailla esimerkiksi liiman tai silikonin määrää rainalla. Valmet IQ perustuu Synaptikin tapaan infrapunatekniikkaan. Infrapuna havaitsee liiman tai silikonin määrän, kun infrapuna absorboituu rainalla olevasta silikonista tai liimasta. Laite mittaa liiman tai silikonin lisäksi pinnan kosteutta. (Valmet 2024)

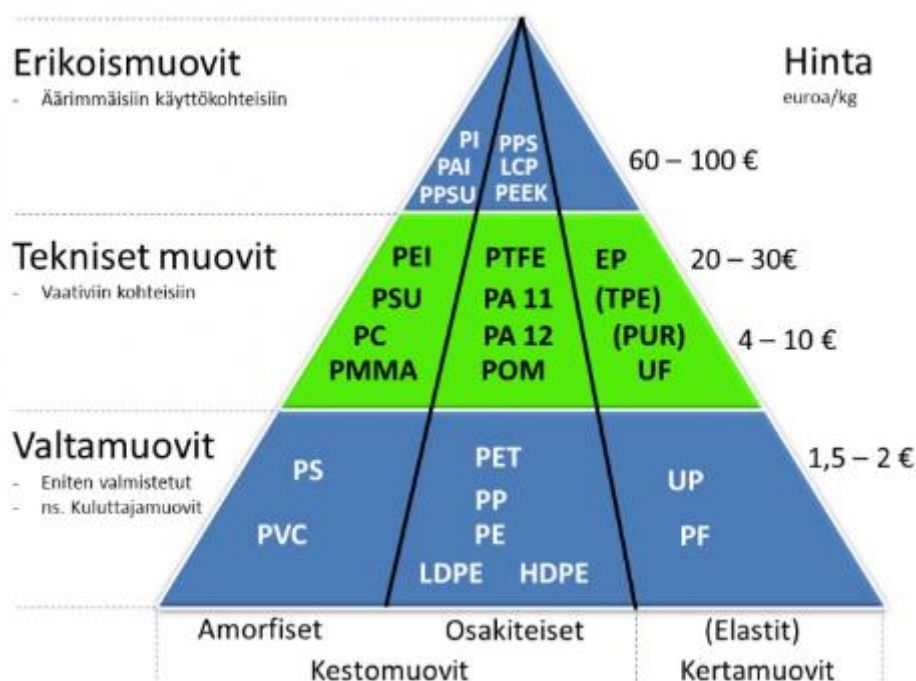


Kuva 7. Valmet IQ konenäköjärjestelmä (Valmet)

4 Materiaalit joustapakkausteollisuudessa

4.1 Muovien jaottelu

Muovit jaotellaan yleisesti kolmeen luokkaan (Kuvio 6), jotka ovat valtamuovit, tekniset muovit ja erikoismuovit. Muovit luokitellaan myös niiden prosessoitaessa olevien ominaisuuksien mukaan kerta- ja kestumuoveihin. Kestomuovit voidaan sulattaa ja muotoilla uudelleen. Kertamuoveja ei voi sulattaa ja muotoilla uudelleen. Valtamuoveja valmistetaan eniten ja niitä käytetään paljon pakkausteollisuudessa. Valtamuoveja ovat mm. PE ja PET. Erikoismuovit ovat kalleimpia muoveja, joita käytetään haastaviin sovelluksiin. (Muoviteollisuus RY 2024.)



Kuvio 6. Muovien luokittelu (Muoviteollisuus RY)

4.2 Polyeteeni

Polyeteeni (lyhenne PE) on yksinkertaisimpia muovi polymeerejä. Polyeteeni on eniten käytetty muovilaji maailmassa. Polyeteenit jaotellaan tiheyden mukaan PE-LD pienitiheyspolyeteeni ja PE-HD korkeatiheyspolyeteeni. PE-LD on pehmeä ja joustava, mutta luja muovilaji. PE-LD soveltuu hyvin elintarvikepakkauksiin, koska se on hajuton, mauton, läpinäkyvä ja pinnaltaan tiivis muovi. Se on myös kemiallisesti kestävä. PE-HD soveltuu myös elintarvikepakkauksiin. PE-HD on kova ja kestävä, mutta silti joustava muovi, joka on iskunkestävä myös kylmässä (Muoviteollisuus RY 2024.)

4.3 Polypropeeni

Polypropeeni (lyhenne PP) on yksi maailman käytetyimmistä muoveista. Polypropeeni on taipuisaa ja sitkeää muovia, jota on helppo työstää. Polypropeeni kestää hyvin mekaanista ja kemiallista rasitusta lisäksi se kestää hyvin kosteutta. Polypropeeni on elintarvikekelpoinen materiaali ja se on 100% kierrätettävissä. Polypropeenin ominaisuudet ovat samankaltaisia polyeteenin kanssa, mutta niissä on eroja. Polyeteeni on tiheämpää kuin polypropeeni. Polypropeeni vaatii suuremman lämpötilan, jotta se sulaa kuin polyeteeni. Lisäksi polypropeeni on kovempaa ja jäykempää kuin polyeteeni. (Foiltek Oy 2024.)

4.4 Polyeteenitereftalaatti

Polyeteenitereftalaatti (PET) on käytetyin polyesteri. PET:n ominaisuuksia ovat läpinäkyvyys, korkea lujuus, hyvä kierrätettävyys sekä hyvä kemiallinen kestävyys. PET kestää hyvin myös korkeita lämpötiloja. Eniten PET:iä käytetään juomapullojen valmistukseen, mutta se on hyvin yleinen materiaali myös joustopakkausteollisuudessa. Polyeteenitereftalaatti kerää helposti kosteutta, joten se täytyy kuivata ennen käyttöä. (Vink 2024.)

4.5 Polyamidi

Polyamidi on synteettinen polymeeri, jota käytetään monissa eri sovelluksissa. Polyamidi muodostuu amidiyksiköistä, jotka yhdistyvät pitkiksi ketjuiksi. Polyamidista puhuttaessa usein käytetään sanaa nailon. Polyamidi on joustavaa ja kestäväää lisäksi polyamidi kestää hyvin kemikaaleja sekä kosteutta. Polyamidi kestää myös hyvin lämpöä. Polyamidilla on myös hyvät barrierominaisuudet. Elintarvikepakkausteollisuudessa polyamidi voi esiintyä yksinään tai osana koekstruusiokalvoa esimerkiksi eteenin, propeenin tai EVOH:n kanssa. Joissain pakkaussovelluksissa polyamidi laminoidaan toisen kalvon päälle BOPA:n muodossa. (Shi-Yong Yang, interowa 2018.)

4.6 EVOH – Eteenivinyylialkoholi

Eteenivinyylialkoholi (Lyhenne EVOH) on eteenin ja vinyylialkoholin kopolymeeri. EVOH:ia käytetään paljon elintarvikkeiden pakkaamisessa, sen sulkuominaisuuksien takia. EVOH Pitää maut sekä ilman todella hyvin pakkauksen sisällä. EVOH on myös kirkasta, öljyä ja liuottimia kestäväää, muovattavaa ja kierrätettävää. EVOH:in huonoja puolia on sen korkea hinta sekä EVOH:ia on vaikea valmistaa. EVOH:ia on usein vain ohut kerros joko koekstruusiokalvossa tai laminoituna. (Wikipedia 2024.)

5 Kokeellinen osuus

5.1 Työn prosessi

Työtä aloitettiin tekemään helmikuussa 2024. Työtä tehdessä käytiin yrityksessä ottamassa mittaustuloksia käsin sekä Synaptikin avulla. Ajettavat materiaalit kiertävät noin kuukauden sykleissä ja tarkoituksena oli saada dataa mahdollisimman monesta eri leveydestä. Yritys on tuttu työn tekijälle aikaisemman työkokemuksen kautta. Synaptikin hyötyjä kartoitettiin seuraamalla operaattoreiden toimintaa. Operaattoreilta myös kyseltiin käyttökokemuksia Synaptikista.

5.2 Eri laminaatit sekä kalvoleveydet

Koneella, johon Synaptik tulee, ajettavien kalvojen leveydet ovat 1280 mm, 1320 mm, 1560 mm, 1690 mm ja 1705 mm. Osassa ajoista kalvo leikataan kahteen osaan. Materiaalit, joita kyseisellä koneella käytetään, ovat polypropeeni, polyeteeni, polyamidi, PET sekä EVOH. Usein laminoitava kalvo on polypropeeni- tai polyeteenikalvoa, jonka päälle laminoidaan ohut BOPET- tai BOPA-kalvo (BOPA tarkoittaa biaksiaalisesti orientoitua polyamidikalvoa).

Taulukossa 1 näkyy laminointiliiman määriä eri kalvolaaduilla ja leveyksillä. Liimamäärät on mitattu sekä Synaptikin avulla että punnitsemalla viidestä kohtaa tasaisesti koko kalvon leveydeltä. Taulukosta huomataan se, että liimamäärät ovat sallituissa rajoissa, jotka ovat 2,2-0,7 g/m². Taulukon alapuolella on myös kuvaajat jokaisen mittauspisteen keskiarvosta. Taulukosta selviää, että käsin mitatut tulokset eroavat keskimäärin 0,2 g/m² Synaptikin mittaamista tuloksista. Tämän voi selittää osaksi se, että käsin mitattu tulos ei ole samasta kohtaa kalvoa kuin Synaptikin mittaama tulos.

Liimamäärä on suhteellisen tasainen ja liimamäärien keskiarvot ovat toleranssialueen keskellä työssä mitatuilla laminaateilla. Kuitenkin liimamäärän tasaisuus alkaa huonontua mitä leveämpi kalvo on. Leveämmillä kalvoleveyksillä kalvon laitoihin alkaa kertyä enemmän liimaa kuin kalvon keskelle. 1320 millimetriä leveillä kalvoilla liimamäärän vaihtelu pysyy 0,1 g/m² sisällä. 1560 millimetriä leveillä kalvoilla liimamäärän vaihtelu on jo keskimäärin 0,3 g/m². Kun taas 1700 millimetriä leveällä kalvolla saattaa liimamäärän ero kalvon leveydellä olla jopa 0,7 g/m².



Taulukko 1. Liimamääriä eri kalvolaaduilla

5.3 Tulokset

Käyttämällä Synaptikia laminointiliiman mittaamiseen saavutetaan monia hyötyjä verrattuna aiempaan punnitsemalla tapahtuvaan mittaamiseen menetelmään. Reaaliaikaisen liimanmittauksen ansiosta liimamäärän saa nopeammin ja helpommin oikeaksi. Ajonvaihdot nopeutuvat sekä kalvoa menee vähemmän hukkaan, kun saadaan liimamäärä nopeammin raja-arvojen väliin. Myös tieto siitä, jos liimamäärä muuttuu ajon aikana, tulee ilmi nopeammin. Lisäksi Synaptik parantaa tuotteiden laatua, kun liimamäärän saa tasaisemmaksi. Synaptikin ansiosta myös liimaa kuluu vähemmän.

Laminointiyksikön ongelmana on ollut epätasainen liimaprofiili, jossa kalvon reunoissa on enemmän liimaa kuin keskellä. Punnitsemalla tapahtuvassa mittausmenetelmässä mittaus tulokset saattavat muuttua hyvinkin pienellä matkalla, mikä vaikeuttaa entisestään liimamäärän oikeaksi saamista. Synaptik ei täysin poista tätä ongelmaa, mutta helpottaa saamaan liimamäärän tasaisemmaksi. Epätasainen liimaprofiili aiheuttaa ongelmia varsinkin kahteen osaan halkaistavissa ajoissa. Kun liimaa on enemmän laidoissa, rullien reunaan tulee ”panta”, jonka takia varsinkin liukasta polypropeenilla ajettaessa rullat lähtevät leviämään toiseen laitaan. Rullien leviämistä toiseen laitaan kutsutaan rullan ampumiseksi. Rullan ampuminen vaikeuttaa merkittävästi kalvon jatkokäsittelyä.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Synaptik G-scan laitteen hyödyt sekä tutkia ja verrata Synaptikin antamia mittaustuloksia liimamäärästä eri laminaateilla ja kalvoleveyksillä. Työn alussa perehdyttiin lukija laminoointiprosessiin yleisesti ja kerrottiin laminointikoneista, laminoointitekniikoista, liiman mittausten menetelmistä, laminoointiliimoista ja materiaaleista joustopakkausteollisuudessa.

Työn aikana selvisi, että Synaptik on monella tavalla hyödyllinen laite laminoointiprosessissa. Synaptik helpottaa operaattoreiden työtä laminointilinjalla sekä laminoitun kalvon jatkojalostuksessa työskentelevien operaattoreiden työtä. Laitteen ansiosta myös kalvoa ja liimaa säästyy. Operaattorit ovat kokeneet Synaptikin hyödylliseksi laitteeksi.

Työn aikana oli tarkoitus myös pohtia mahdollisia keinoja laminoointiprosessin optimoimiseksi. Kyseisellä koneella laminoointiprosessia on pyritty optimoimaan vuosia, joten näin lyhyessä ajassa oli vaikea löytää keinoja siihen. Yksi keino, jolla voisi saada tasaisemman liimaprofiilin, on muotoillut telat laminointiyksikössä. Liimaprofiilin optimointi jatkuu työn jälkeen yrityksessä.

Lähteet

Bobst. Laminating machines. Viitattu 16.4.2024. Saatavissa

<https://www.bobst.com/usen/products/laminating/laminating-machines/>

Bpf.co. Polypropylene. Viitattu 18.4.2024. Saatavissa <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/PP.aspx>

Comexi. Laminating and coating. Viitattu 16.4.2024. Saatavissa <https://comexi.com/lamination-coating/>

Foiltek. Polypropeeni. Viitattu 15.4.2024. Saatavissa <https://foiltek.fi/tuotteet/muovikalvot/polypropeeni-priplak/>

Henkel-adhesives. Laminating adhesives. Viitattu 6.3.2024. Saatavissa <https://www.henkel-adhesives.com/pk/en/products/industrial-adhesives/laminating-adhesives.html>

Kdwpack. 3 Common types of lamination process in packaging. Viitattu 21.2.2024. Saatavissa <https://kdwpack.com/lamination-process-in-packaging/>

Morchem. diaesitys viitattu 25.3.2024

Muoviteollisuus Ry. Muovienluokitus. Viitattu 11.4.2024. Saatavissa https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/muovit/muovien_luokitus/

Muoviteollisuus RY. Muovisanastoa. Viitattu 11.4.2024. Saatavissa <https://www.plastics.fi/fin/muovitieto/sanasto/?ltr=16&tag=93>

Nordmeccanica. Products. Viitattu 16.4.2024. Saatavissa <https://www.nordmeccanica.com/products/solventless-solutions>

Pelican. Sololam SB. Viitattu 24.4.2024. Saatavissa https://www.pelican.in/sololam_sb.html

Polysack. Flexible packaging laminates: main functions and applications. Viitattu 24.4.2024. Saatavissa <https://www.polysack.com/flexible-packaging-laminates/>

Sciencedirect. On the origin of primary aromatic amines in food packaging materials. Viitattu 25.3.2024. Saatavissa <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224415002113>

Shi-yong Yang. Viitattu 11.5.2024. Saatavissa

https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=QilYDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Polyamide+Materials:+Processing,+Characterization,+and+Applications&ots=ptEfNNnfGE&sig=ulp45tJHaVWbPsJxOrCxWxzKxKE&redir_esc=y#v=onepage&q=Polyamide%20Materials%3A%20Processing%2C%20Characterization%2C%20and%20Applications&f=false

Song song. g-Scan IR. Viitattu 2.4.2024. <https://www.songsong.com.vn/customer-details/83-SYNAPTIK.html><https://www.songsong.com.vn/customer-details/83-SYNAPTIK.html>

Synaptik. Synaptik gscan. Viitattu 3.4.2024. Saatavissa <https://www.synaptik.cat/en/gscan/>

Tesa. Kuinka paljon hunajaa tarvitset ripustaaksesi kuvan. Viitattu 18.4.2024. Saatavissa <https://www.tesa.com/fi-fi/wikitapia/kuinka-paljon-hunajaa-tarvitset-ripustaaksesi-kuvan.html>

Valmet. Valmet IQ silicone and adhesive measurement. Viitattu 16.5.2024. Saatavissa <https://www.valmet.com/automation/quality-management/quality-control-system-qcs/measurements/silicone-adhesive-measurement/>

Vink. Polyeteenitereftalaatti. Viitattu 25.4.2024. Saatavissa https://www.vink.fi/pet_muovi/

Wikipedia. Adhesive. Viitattu 18.4.2024. Saatavissa <https://en.wikipedia.org/wiki/Adhesive>

Wikipedia. Ethylene vinyl alcohol. Viitattu 16.5.2024. Saatavissa https://en.wikipedia.org/wiki/Ethylene_vinyl_alcohol