

Kartonkikotelon sivuliimausmenetelmät

Lasse-Pekka Lahti

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020

Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka

Lahti, Lasse-Pekka:
Kartonkikotelon sivuliimausmenetelmät

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Toukokuu 2020

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten kartonkikotelon sivuliimaussauga tehdään ja kuinka sen kestävyyttä voidaan testata. Sivuliimaussaugaa tehdessä käytettiin yleisesti dispersio- tai kuumasulateliimoja. Kokeellisessa osuudessa tavoitteena oli selvittää kuinka pieni liimamäärä riittää hyvän liimasauman aikaiseksi.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin kartonkikotelon valmistaminen ja sivuliimaussaugan erilaisia testaamistapoja, joiden avulla voidaan varmistaa, että sauma tulee pitämään. Kartongilla tulee olla myös tietyt ominaisuudet kunnossa, jotta liima imeytyy riittävän hyvin ja lopputuloksena on vahva sauma. Teoriaosuudessa tarkasteltiin myös dispersio- ja kuumasulateliimojen hyviä ja huonoja puolia ja niiden ominaisuuksia.

Kokeellisessa osuudessa liimaustestit toteutettiin käsin revintä testinä. Testattavana oli kolme erilaista liimaa, joita testattiin päällystetylle ja päällystämättömälle kartongille. Kartongeista leikattiin 4 x 10 cm paloja, jotka punnittiin ja liimattiin yhteen käyttäen monipisteliimaustekniikkaa. Liimauksen jälkeen palat punnittiin uudelleen, jotta saatiin liiman määrä. Palat revittiin irti toisistaan ja tutkittiin kuiturepeämän määrää. Tämän avulla niille annettiin arvosana.

Testit onnistuivat kokonaisuudessaan hyvin: kaikilla liimoilla saatiin aikaan pitävä sauma. Parhaiten liimaustestissä toimivat Kestomer VP ja Sitol 4228. Hieman huonommin testeissä toimineella Sitol 3838:lla saatiin myös pitävä sidos, mikä johtui siitä että, Sitol 3838 on valmistettu eri käyttötarkoitusta varten kuin toiset kaksi liimaa.

Asiasanat: kartonkikotelo, sivuliimaus, testaus

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct and Process Engineering
Bioproduct Engineering

LAHTI, LASSE-PEKKA
CARDBOARD BOX SIDE GLUING METHODS

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 6 pages
May 2020

The purpose of the thesis was to find out how the side joint of a cardboard box is made and how its durability can be tested. Dispersion or hot melt adhesives are commonly used in seam sizing. In the experimental part, the aim was to find out how a good glue joint can be achieved with a small amount of glue.

The theoretical part of the thesis deals with the production of a cardboard box and the side gluing of different seam testing methods which can be used to ensure that the seam will hold. The cardboard must also have certain properties in order for the glue to be properly absorbed and a strong seam to be obtained. The theory section also went through the pros and cons of dispersion and hot melt adhesives and also their properties.

In the experimental part, the gluing tests were performed by hand as a tearing test. The test method was three different adhesives tested on coated and uncoated board. 4 x 10 cm pieces were cut from the cartons, which were weighed and glued together using a multi-point gluing technique. After gluing, they were reweighed to obtain the amount of glue. The pieces were torn apart and the amount of fiber tear was examined, and this gave them a grade.

The tests were generally successful, with all adhesives providing a firm seam. Kestomer VP and sitol 4228 performed best in the gluing test. Sitol 3838, which performed slightly worse in the tests, also provided a bond. The worse result for Sitol 3838 is due to it being made for a different purpose than the other two adhesives.

Key words: cardboard box, side gluing, testing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KARTONKIKOTELOIDEN TEKEMINEN.....	6
	2.1 Kotelon liimaaminen.....	7
	2.2 Sivuliimaussaumun vaatimukset	9
3	LIIMAUKSEN TESTAUSMENETELMIÄ	10
	3.1 Liimasauman testaus	13
	3.2 Kuumasaumauksen testaus	14
4	DISPERSIOLIIMAT	16
	4.1 Ominaisuudet.....	16
5	KUUMALIIMAT	18
	5.1 Ominaisuudet.....	18
6	KOKEELLINEN OSUUS	21
	6.1 Testin suorittaminen.....	21
7	TULOKSET JA NIIDEN TULKINTA	22
	7.1 Takon pohjakartonki.....	22
	7.2 PankaPlex.....	25
8	Yhteenveto.....	28
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	30
	Liite 1. Sitol 3838 liiman tulokset takon kartongilla.....	30
	Liite 2. Kestomer VP liiman tulokset takon kartongilla.....	31
	Liite 3. Sitol 4228 liiman tulokset takon kartongilla.....	32
	Liite 4. Sitol 3838 liiman tulokset PankaPlex.....	33
	Liite 5. Kestomer VP liiman tulokset PankaPlex	34
	Liite 6. Sitol 4228 liiman tulokset PankaPlex.....	35

1 JOHDANTO

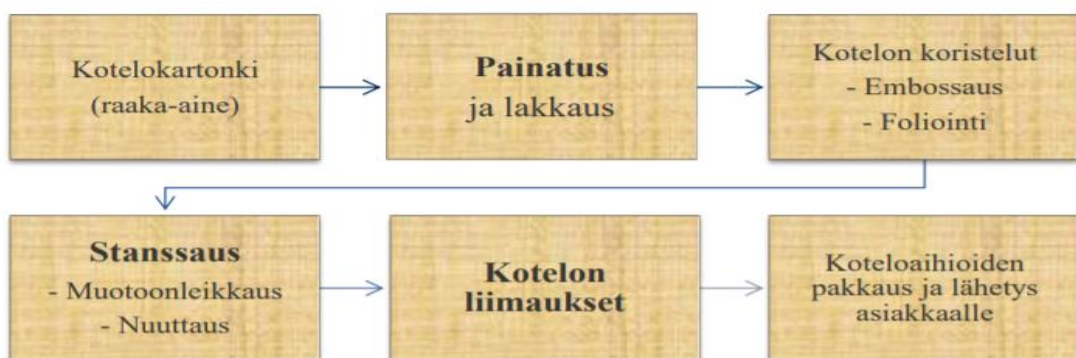
Tämä opinnäytetyö on tehty Tampereen ammattikorkeakoululle. Tavoitteina oli tutkia kartonkikotelon sivuliimausprosessia ja siihen käytettäviä liimoja. Tässä työssä kerrotaan, miten erilaisia kartongin ominaisuuksia voidaan mitata sivuliimausta varten. Kartongilla tulee olla liimausta varten hyvä pintalujuus, palstautumislujuus ja veden absorptiokyky. Teoriaosuudessa on myös tietoa kuumasulata- ja dispersioliimojen käytöstä, niiden ominaisuuksista sekä hyvistä ja huonoista puolista. Tietoa löytyy myös siitä, miten liima- ja kuumasaumaa kestävyyttä voidaan arvioida ja kokeilla. Kokeellisessa osuudessa testattiin kolmea eri liimaa päällystetylle ja päällystämättömälle kartongille. Testaustapana toimi käsin tehtävä repäisytesti ja liimaustapana monipisteliimaus.

2 KARTONKIKOTELOIDEN TEKEMINEN

Melkein kaikki kartonkikotelotilaukset ovat erilaisia, mikä vaatii, että kaikki niistä suunnitellaan erikseen ja koteloiden tulee täyttää tarkat spesifikaatiot. Ensiksi määritellään koteloiden rakenne ja mitat. Seuraavaksi pitää suunnitella kuinka isolla painoarkilla tämä kyseinen tilaus kannattaa tehdä. Koteloiden tehdessä kartonkia pyritään käyttämään mahdollisimman vähän ja mahdollisuuksien mukaan koteloiden asetellaan limittäin. (Karhuketo ym. 2004)

Kartonkikoteloiden käyttäjät ja kartongin tekijät vaativat erilaisia ominaisuuksia kartongilta. Isoimmassa roolissa olevat ominaisuudet ovat lujuus, painettavuus, pakkauskonekelpoisuus ja elintarvikekelpoisuus. Koteloiden tehdessä kartonkiin kohdistuu erilaisia rasitteita, jotka voivat vaurioittaa kartonkia. Kartongin tulee siis täyttää sille asetetut vaatimukset, jotta saavutetaan hyvä lopputulos. (Karhuketo ym.2004)

Kartonkikoteloiden valmistuksessa on kolme päävaihetta: painatus, stanssaus ja liimaus. Painatuksessa kartonkiin painetaan kuvat ja tekstit. Stanssauksessa koteloihio leikataan kartongista ja siihen tehdään taiteurat. Liimauksessa koteloiden liimataan kasaan, jonka jälkeen koteloihiot voidaan pakata ja lähettää asiakkaalle. (Karhuketo ym. 2004)

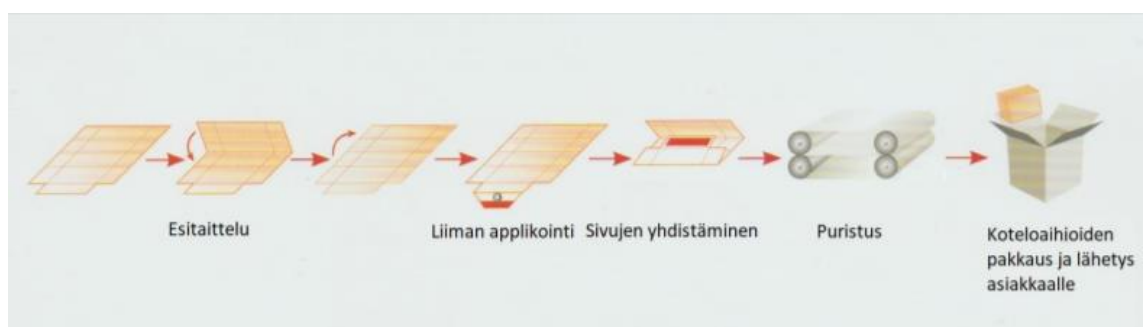


KUVIO1. Kartonkikotelon valmistusvaiheet (Järvinen 2013)

2.1 Kotelon liimaaminen

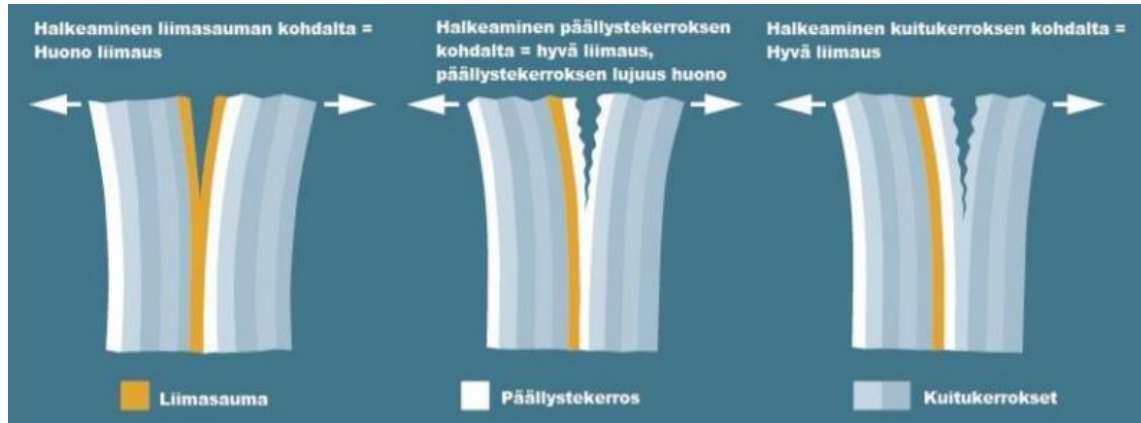
Kartonkikotelot tuodaan asiakkaille lähes aina sivuliimattuina taittelemattomina koteloina. Kartonkikotelon viimeinen vaihe on sivuliimaus, jossa stanssattujen koteloaihioiden sivut yhdistetään sivuliimauskoneella. Sivuliimauksessa käytetään vesiohenteista dispersioliimaa eli kylmäliimaa tai hot-melttiä eli sulateliimaa. Dispersioliimauksessa liimaa nostetaan kaukalosta ohuella levityspyörällä liimasaumaan. Käyttäessä hot-melt liimoja niitä varten tarvitaan omat hot-melt-laitteet, jotka sulattavat ja levittävät liiman. Polyeteeni-taustaisia koteloita voidaan saumata kuumasaumausmenetelmän avulla, näitä ovat esimerkiksi jäätelökotelot. Kuumasaumauksen periaatteena on sulattaa kotelokartongin taustapuolella oleva päällystemuovikerros, jolloin se tarttuu esilämmitettyyn kartongin pintaan ja muodostuu nestetiivis sauma. (Karhuketo ym.2004)

Sivuliimauskoneet ovat pitkiä ja voivat saavuttaa 400m/min nopeuden. Ennen kuin liima levitetään liimasaumaan, kotelolle tehdään esitaitot, joiden avulla kotelot liikkuvat hyvin linjalla. Kotelot liimataan, jonka jälkeen ne menevät puristushihnojen väliin ja puristusmaton alle. Kotelot voidaan pakata käsin tai automaattipakkauslaitteella aaltopahvilaatikkoon, jonka jälkeen ne toimitetaan eteenpäin. (Karhuketo ym.2004)



KUVA 1. Sivuliimauksen periaate (Järvinen 2013)

Hyvän liimasauman saamiseksi pitää käyttää oikeata liimaa, joka soveltuu liimattavalle kartongille. Kartongilta edellytetään hyvää pintalujuutta ja palstautumislujutta. Kartongin päällystekerrosten tulee olla vahvoja ja hyvin sitoutuneita kuitukerrokseen, jotta liimasaumat pitävät päällystykseen kohdalta. Liimasauma on hyvä, kun liimattuja pintoja vetää erisuuntaan ja liimasauma peittää kuitukerroksen kohdalta. (Iggesund 2010)



KUVA 2. Liimasaumojen repeytymistä

Liimasaumat luokitellaan kolmeen eri päätyyppiin rakenteensa perusteella. Suorassa kylkisaumassa kartongin pitkälle sivulle levitetään liimaa. Laatikon kansi ja pohja muodostuvat taittelemalla. Crashlock pohja on toinen liimaustapa, jossa laitetaan liimatipat kahdelle vastakkaiselle sivulle, jotka ovat päällimmäisiä lippoja. Viimeinen tapa on monipisteliimaus, jossa on monia eri tapoja, miten liima laitetaan. (Knowpap)

2.2 Sivuliimaussauman vaatimukset

Yleisin vaatimus sivuliimaussaumoille on sulkea pakkaus ja suojella pakkauksen sisältöä. Tuoteturvallisuuden takia jossain tilanteissa sauman on oltava sellainen ettei, sitä saa avattua rikkomatta saumaa. Tällaisissa tamper evident saumoissa nähdään, jos pakkauksen sisälle on päästy tai yritetty päästä. Teollisessa pakkaamisessa tärkein ominaisuus on sauman kestävyys ja varmatoimisuus sekä helppokäyttöisyys tuotantolinjalla. Tuotantolinjalla kotelon hajoaminen tai jumittuminen aiheuttaa suuret kustannukset menetetyn ajan ja materiaalien takia. Isoimmat kustannukset tulevat, jos pakkaus päätty kuluttajalle tai myymälään ja sauma pettää silloin. Tämä saattaa johtaa suuriin korvauksiin, takaisinvetoihin tai jopa tuoteimagon menetykseen. (Korin C, Fracture Behaviour of adhesive joints in carton board)

Vaatimukset pakkaukselle vaihtelevat käyttökohteen perusteella. Kuljetuslaatikon on kestettävä rasitusta kuljetuksen eri vaiheissa. Luksustuotteiden, kuten alkoholipakkauksien säilytysaika voi olla pitkä. Kun pakkauksen käyttöikä on pitkä ja sen tarkoitus on olla esillä, pakkaus ei saa hajota näkyvästi ensimmäisellä avauskerralla. Mikäli pakkauksen sisällä oleva tuote on tarkoitettu käytettäväksi kerralla, pakkauksen hajoamiselle ei ole samanlaisia vaatimuksia. Sivuliimaussaumat on suunniteltu niin että ne pysyvät kiinni koko pakkauksen eliniän, jolloin tärkein ominaisuus on rasituksenkestokyky ja murtumattomuus. (Korin C, Fracture Behaviour of adhesive joints in carton board)

3 LIIMAUKSEN TESTAUSMENETELMIÄ

Liimauksessa kartongilta edellytetään hyviä pintalujuus, palstautumislujuus ja veden absorptio ominaisuuksia. Nämä ominaisuudet vaikuttavat siihen, että liima asettuu ja imeytyy hyvin kartonkiin. Liimauksessa on käytettävä oikeanlaista liimaa, joka soveltuu juuri sille kartonkityypille mitä käytetään, jotta saavutetaan mahdollisimman hyvä ja kestävä liimasauma.

Palstautumislujuutta eli kartongissa olevaa paksuussuuntaista rakenteellista lujuutta voidaan mitata Internal Bond Testerillä standardi ISO 187. Laite toimii heiluriperiaatteen mukaisesti. Laitteeseen laitetaan neliötuuman kokoinen kartonkinäyte, joka kiinnitetään kaksipuoleisella teipillä kiinni alumiinikulmaan ja alasimeen. Tämän jälkeen alumiinikulma isketään irti kartongista heilurilla ja kartonki halkeaa paksuussuunnassa. Halkaisussa tarvittava energia mitataan heilurin energiahäviönä iskun vaikutukseen eli heilahduskulma pienenee.



KUVA 3. Scott Bond testauslaite

Veden absorptiomittaus tapahtuu Cobb menetelmällä standardi ISO 535. Testissä mitataan, kuinka paljon vettä kartonkiin imeytyy tietyssä ajassa. Aluksi otetaan kartonkinäyte 10 x 10 cm, joka punnitaan. Tämän jälkeen näyte laitetaan pyöreään metalli kehikon alle ja päälle laitetaan vettä tietyksi ajaksi, yleensä 60 sekuntia. Ajan loputtua imeytymätön vesi kaadetaan pois ja näyte punnitaan. Kuivan ja kastellun näytteen painoja verrataan ja niiden erotus kerrotaan sadalla, jotta saadaan kartongin vesiabsorptio g/m^2 .

Kartongin pintalujuutta mitataan kahdella eri tavalla Dennisonin vahapuikkosarjalla tai tekemällä painatus IGT-koepainokoneen standardiväreillä. Dennisonin vahapuikkosarja on tehty sekoittamalla heikkoja ja kovia vahoja eri suhteissa. Puikot ovat numeroitu sen mukaan mitä kovempaa vaha on. Mittaus tapahtuu lämmittämällä vahapuikon päätä, kunnes se alkaa sulaa, jonka jälkeen puikko painetaan kartonkia vasten. Kun vaha on jäähtynyt, puikko repäistään irti kartongista ja katsotaan, vahingoittuuko kartongin pinta. Korkein vahanumero, joka ei vahingoittanut kartongin pintaa osoittaa pintalujuuden.



KUVA 4. Dennisonin vahapuikkosarja (Iggesund 2010)

Koepainatuksessa määritettävä pintalujuus saadaan selville, kun kartonkiliuskaa painetaan kiihtyvällä nopeudella. Se voima, joka rikkoo kartongin pintaa, on suoraan verrannollinen painatusnopeuteen ja painoväriin tahmeuteen. Kartongistä etsitään ensimmäinen kohta, jossa pinta on rikkoutunut ja siinä kohtaa ollut nopeus on pintalujuuden mitta.



KUVA 5. IGT-koepainatus (Iggesund 2010)

Kartongin käyttöä dispersio- ja hot-melt-liimauksille testataan rasiusteisteillä. Molempia liimausmenetelmiä voidaan testata samalla testillä. Kartonkinäytteen päälle asetetaan liimavana ja siihen päälle kartonkiliuska. Liimasauma laitetaan kuivumaan puristukseen. Liiman kuivuttua liimasaumaa testataan käsin repimällä. Liimasauma arvioidaan sen perusteella, kuinka paljon tulee kuiturepeämää. Mitä isommalle alueelle tulee kuiturepeämää, sitä pitävämpi liimaus on. Zwick&Roell mittalaitteella voi myös suorittaa liimasauman vetolujuustestejä. Sen avulla voidaan tutkia eri kartonkilaatujen ja liimatyypin välisiä saumojen lujuuksia.

Kartongin z-suuntaista lujuutta voidaan mitata L&W ZD tenstile testi laitteella. Näytekappaleisiin tulee teippi molemmille puolille ja mittaus tapahtuu mittauskammiossa. Mittauskammiossa laite puristaa näytteen ja teipit kiinni toisiinsa. Tämän jälkeen laite kohdistaa kappaleeseen z-suuntaista vetovoimaa. Voiman kasvaessa riittävän suureksi tapahtuu palstautuminen. Laite ilmoittaa tarvittavan voiman kPa yksikössä. Tämä on z-suuntaisen lujuuden voima. (L&W ZD Tensile Tester)

3.1 Liimasauman testaus

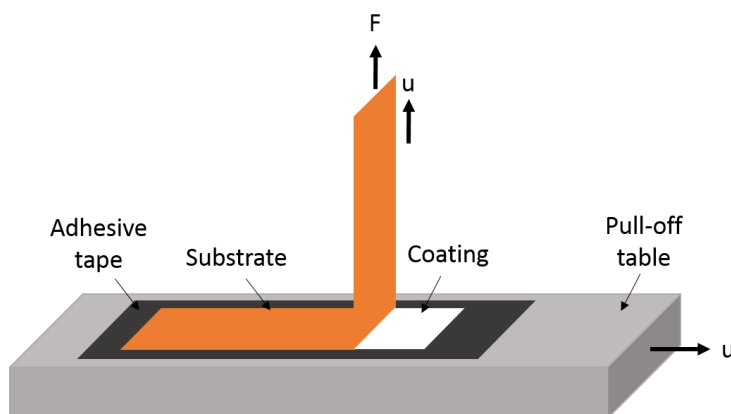
Kartongin liimausta voidaan testata repäisytestillä. Tässä testissä saadaan selville kone- ja poikkisuunnan kestävyys. Jokaisella yrityksellä testi voi olla hieman erilainen, mutta periaate on sama. Kartonkinäytteet tulee ensin ilmastoida laboratorio-olosuhteissa ja niiden annetaan jäähtyä. Seuraavaksi kartongin pintamateriaaliin leikataan veitsellä risti, jonka avulla saadaan selville kone- ja poikkisuunnan liimauksen kestävyys yhdellä kertaa. Leikatun ristin keskipisteestä revitään pintamateriaali liuskat auki, jolloin saadaan kaksi kone- ja poikkisuuntaan olevaa näytettä. Seuraavaksi tarkastellaan, onko saumauskohtaan muodostunut haluttu kuiturepeämä. Kuiturepeämät arvostellaan laboratorion asteikon avulla, joka on nollasta viiteen, jossa nolla on huonoin ja viisi on paras.

Arvosteluasteikko:

- 0 Ei tarttuvuutta
- 1 Heikko tarttuvuus
- 2 Tarttunut, mutta ei revennyt
- 3 Alle 50 % kuiturepeämää
- 4 Yli 50 % kuiturepeämää
- 5 100 % kuiturepeämää

3.2 Kuumasaumauksen testaus

Kuumasaumauksen lopputulosta voidaan kokeellisesti testata monella eri menetelmällä. Peel-testi on yksi niistä. Testissä mitataan sen voiman suuruutta, jolla liitetyt kerrokset irtoavat toisistaan. Kuumasaumasta voidaan myös testata Perkins-Soutwick testillä, käsitestillä, teippitestillä tai naarmutestillä. Perkins-Soutwick testissä päällystemuovi poistetaan alusradasta tai se rikotaan paineilmalla ja katsotaan kuinka, suuri paine on. Paine käsittely tehdään päällystetylle ja päällystämättömälle puolelle. Sauman kestävyys lasketaan jakamalla päällystämättömälle puolelle tarvittu paine päällystetyn puolen paineella. Käsitestissä toisissaan kiinni olevat kerrokset revitään auki käsillä ja irtoaminen arvioidaan nolasta viiteen, viisi on paras tulos. (Salste M. Muovipäällystys). Kuppeihin tehtävää kuumasaumaa testaan myös nesteillä, missä kuppiin kaadetaan nestettä ja katsotaan vuotaako sauma. Tämän kaltaista testiä tehdään tuotantolaitoksissa valitsemalla sattuman varaisesti kuppi mitä testataan.



KUVA 6. Peel-testin suorittaminen 90° kulmassa (KIT)

4 DISPERSIOLIIMAT

Vesipohjaisissa dispersioliimoissa on kiinteä sideaine, joka on yleensä polymeeri. Liimaseokseen lisätään emulgointi- ja muita lisäaineita, mitkä sitovat kiinteät sideainepartikkelit vesipohjaisen liiman kanssa. Lisäaineiden tarkoituksena on estää sideainepartikkelien kiinnittymistä toisiinsa varastoinnin aikana ja ne auttavat pitämään liiman koostumuksen samanlaisena. Liiman päästessä kuivumaan, lisäaineet ja vesi haihtuvat pois, jolloin sideainepartikkelit tarrautuvat liimattaviin pintoihin ja toisiinsa. (Aitto-oja & Laine 2004; Adhesives and Sealant Council 2012.). Dispersioliimat ovat hyviä kartongin liimaamiseen, koska kartongissa on huokoinen ja hydrofiilinen pinta. Tämä kuivattaa liimaa tehokkaasti poistamalla vettä liimasta, jolloin jäljelle jää adheesiota muodostavia liimapartikkeleja. Dispersioliimoja käytettäessä toisen liimattavan materiaalin pitää olla huokoinen ja kosteutta imevä, jotta liima kuivuu. (Järvi-Kääriäinen T., Ollila M., 2007; Toimiva paukkaus.)

4.1 Ominaisuudet

Liimapartikkelien pinta on stabiloitu, jolloin ne ovat liuoksessa ehjiä ja eivät muodosta kasaumia keskenään ennen liimausprosessia. Partikkelien sisällä olevat polymeeriketjut eivät myöskään pääse stabiloinnin ansiosta polymeroitumaan hallitsemattomasti toisten partikkelien kanssa. (Zismann T, Gluan water based adhesives) Liiman polymeeripartikkelit koostuvat lähes aina polyvinyylisetaatista (PVAC), eteenivinyylisetaatista (EVA) tai polyvinyylialkoholista (PVOH). Eniten käytetyt dispersioliimat ovat polyvinyylisetaattipohjaisia. (Packham, Handbook of adhesion) Muokkaamattomana ne muodostavat vain hauraan kalvon, joka adheesio-ominaisuuksiltaan ei riitä sivuliimauskäyttöön. Tämän vuoksi PVAC-liimoissa on usein lisäaineina paksuntajia ja pehmentäjiä. (Perie E, Handbook of adhesives and sealants)

Hyviä puolia dispersioliimassa on halpa hinta, applikointi ja laitteiden puhdistaminen. Huonoja puolia ovat pitkä asettumisaika, liimauslaitteiden suuri tilavaatimus ja kuituverkon heikentyminen taivekartongissa uudelleen kastumisen takia. Liiman kiintoainepitoisuus aplikointivaiheessa on yleensä 40-60 %. Suurin osa dispersioliimoista on elintarvikekelpoisia ja niissä on hyvät lujuusominaisuudet, mutta ne voidaan menettää liian alhaisissa lämpötiloissa (Järvi-Kääriäinen T., Ollila M., 2007; Toimiva paukkaus). Vesidispersioliimat ovat todella herkkiä kosteudelle niiden vesiliukoisuuden takia. Pakastepakkauksissa lämpötilavaihtelut tuovat kosteutta pinnoille, joka voi olla haitallista liimasaumoille. Dispersioliimat asettuvat huomattavasti hitaammin kuin kuumaliimat.

5 KUUMALIIMAT

Kuumaliimoissa ei ole liuottimia. Ne ovat nestemäisiä kuumina annosteltavia uudelleen sulatettavia liimoja, joita käytetään kartonkikoteloiden sivujen ja päätyjen liimaamiseen. Huoneenlämmössä kuumaliimat ovat kiinteitä, mutta kun lämpötila alkaa nousemaan liima saavuttaa pehmenimislämpötilan ja alkaa aktivoitumaan ja muuttuu juoksevammaksi. Kuumaliimoissa käytettävät perusraaka-aineet ovat ainepolymeerit, hartsit, vahat ja lisäaineet. (Järvi-Kääriäinen T., Ollila M., 2007; Toimiva paukkaus)

Kuumaliimojen hyvät puolet sivuliimausprosessissa ovat nopean kiinteytymisen mahdollistavat isot linjanopeudet, annostelu, laitteiston pieni koko, liiman elinikä, myrkyttömyys ja kosteudenkesto. Huonoja puolia ovat heikko kuormankantokyky, hajoaminen korkeissa lämpötiloissa, pieni penetroitumisaste ja lyhyt avoin aika applikoidulle liimalle. Kuumaliimoista voidaan käyttää myös erilaisia nimiä kuten kuumasulateliima, sulateliima ja hotmelt. (Laine C, Introduction to gluability of fiber based packaging)

5.1 Ominaisuudet

Kuumaliimojen koostumuksesta noin 40 % on pääraaka-ainepolymeeriä, 35 % hartsia ja 25 % vahaa. Näiden lisäksi liimoissa käytetään lisäaineita, jotka muokkaavat viskositeettia, mekaanisia ominaisuuksia, sidoslujuutta ja stabiloivat liimaa. (Kuusipalo J, Paper and paperboard converting) Pääpolymeerin isoin tehtävä on mahdollistaa riittävä adheesio sitoutumista varten. Hartseilla sekä vahoilla parannetaan välittömiä tarttumisominaisuuksia. Pehmentäjälisäaineet tekevät liimasta joustavampaa. Vahoilla on tärkeä rooli, sillä niillä on pieni molekyyliainepaino, joka madaltaa aineen viskositeettiä ja pintaenergiaa. Hapettumisenestoaineita käytetään sen takia, ettei materiaali hapetu liikaa, jos se joutuu olemaan pitkään korkeassa lämpötilassa. (Niskanen K, Paper physics)

Kuumaliimat ovat kiinteitä alle 80 °C lämpötiloissa, niiden applikointilämpötilat sivuliimauksessa ovat 150-200 °C. Tärkeä parametri kuumaliimalle on kiteisyys, koska kiteet jäykistävät polymeerejä liikkeessa lasisiirtymälämpötilan ja sulalämpötilan välillä. Sulalämpötilalla tarkoitetaan lämpötilaa, jossa polymeeristä kaikkia kiteet ovat sulaneet ja rakenne on amorfista eli järjestymätöntä. Tämän takia täysin amorfisilla polymeereillä ei ole selvää sulamislämpötilaa, vaan pehmenemislämpötila. Korkeaa kiteisyyttä halutaan kuumaliimoille, sillä se parantaa mekaanisia ominaisuuksia, mutta se myös johtaa isompaan jäähtymiskutistumiseen. Nopeasti kiteytyvät polymeerit muodostavat nopeasti voimakkaan sidoksen, mutta kartongin pinnan täydellinen kostuminen voi olla ongelma. Amorfisia polymeerejä ei voi yleensä käyttää kuumaliimoissa pääpolymeereinä. (Pocius A, Adhesion and adhesives technology)

Viskositeetti ja kiteisyys ovat molemmat yhtä tärkeitä ominaisuuksia kuumaliimoille. Polymeerien molekyylimassa vaikuttaa viskositeettiin, joka pyritään pitämään alhaisena. Haluttujen kumimaisten ominaisuuksien saamiseksi laajalla lämpötila-alueella tulee suuren amorfisuusasteen polymeerien molekyylimassaa kasvattaa. Viskositeetin kasvaminen aiheuttaa sen, että liiman applikointi on vaikeampaa. (Pocius A, Adhesion and adhesives technology)

Yleisimmin käytetty rakennepolymeeri, on EVA, joka on eteenin ja vinyyliasetaatin kopolymeeri, eli kahdesta eri toistuvasta rakenneyksiköstä, meeristä, muodostuva polymeeri. (Kuusipalo J, Paper and paperboard converting) EVA:n vinyyliaasetattipitoisuus vaihtelee 18-52 % välillä. Kun vinyyliasetaatin osuutta nostaa se parantaa koheesiolujuutta ja nostaa pintaenergiaa, mutta heikentää kostumisprosessia, mikä taas heikentää liimausta. (Pocius A, Adhesion and adhesives technology)

Pääpolymeereinä voi käyttää myös polyeteeniä, polyesteriä, polyamideja ja termoplastisia kumeja kuten styreeni ja butadieenin kopolymeeriä. Kuumaliimoja käytettäessä materiaaleihin ja saumoihin jäävät jännitykset saattavat aiheuttaa ongelmia. Jännitykset syntyvät, kun liima ja kartonki kutistuvat tai laajenevat eri tahdissa. Liimakerroksen halkeamisen syynä saattaa olla lyhyt liiman

jäähtymisaika. Tämän voi ratkaista käyttämällä nopeammin asettuvaa liimaa.
(Packham, Handbook of adhesion)

6 KOKEELLINEN OSUUS

Kokeellisessa osuudessa testattavana on kolme eri dispersioliimaa sitol 3838, sitol 4228 ja kestomer VP. Niitä testattiin takon ja PankaPlex kartongeille. Takon kartonki oli päällystettyä ja PankaPlex oli päällystämätöntä. Testaustapana oli käsin repäisytesti ja liimasauman pitävyyttä arvioitiin asteikoilla 0-5, jossa nolla on huonoin ja viisi on paras. Testissä pyrittiin selvittämään, kuinka vähällä määrällä liimaa saadaan aikaan hyvä liimasauma.

Arvosteluasteikko:

- 0 Ei tarttuvuutta
- 1 Heikko tarttuvuus
- 2 Tarttunut, mutta ei revennyt
- 3 Alle 50 % kuiturepeämää
- 4 Yli 50 % kuiturepeämää
- 5 100 % kuiturepeämää

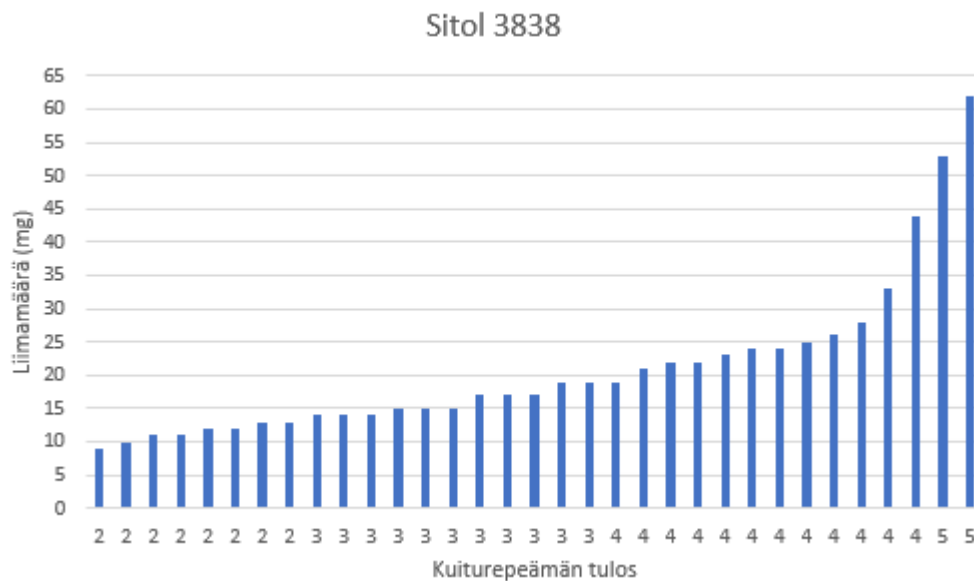
6.1 Testin suorittaminen

Kartongeista leikattiin 4 x 10 cm kokoisia paloja. Näytteet punnittiin ennen ja jälkeen liimaamisen, jotta saatiin selville liimamäärä. Liimaamisessa käytettiin monipisteliimaustekniikkaa. Apuna toimi ruisku, jolla tehtiin kartonkiin neljä liimapistettä. Liima pisteet pyrittiin pitämään saman kokoisina. Kartongit liimattiin karhea ja sileä puoli vastakkain. Näytteiden annettiin kuivua 24 tuntia, jonka jälkeen kartongit repäistiin irti toisistaan. Seuraavaksi arvioitiin, kuinka suurta kuiturepeämää tapahtui ja arvioitiin liimasauma sen perusteella asteikoilla yhdestä viiteen. Jokaisesta kartonkilajista eri liiman kanssa tehtiin monta rinnakkaisnäytettä.

7 TULOKSET JA NIIDEN TULKINTA

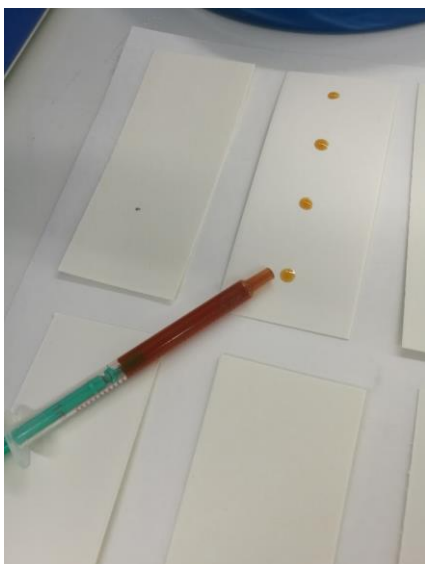
7.1 Takon pohjakartonki

Liiman testaamisessa käytettiin Takon pohja kartonkia, joka on päällystetty ja sen neliöpaino on 250 g/m². Sitol 3838 liiman kuiva-ainepitoisuus on 59,73 % ja liima oli väriltään tumman ruskeaa. Liima on tarkoitettu lähinnä pituusleikkurille häntäliimaksi.



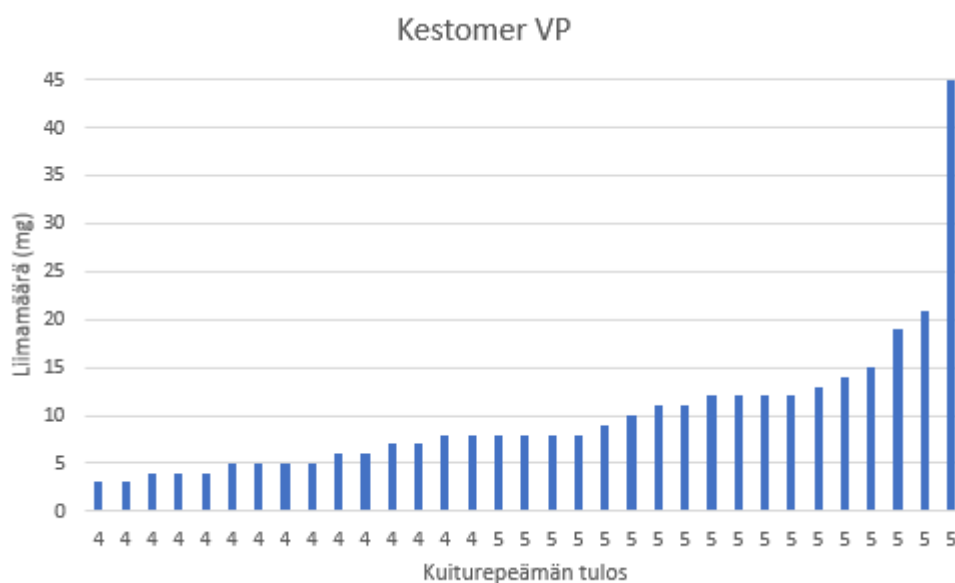
Kaavio 1. Liimamäärä verrattuna kuiturepeämän tulokseen

Kaaviossa on esitetty liimamäärä milligrammoissa verrattuna kuiturepeämän tulokseen. Tuloksista saadaan selville, kun liimamäärän ollessa alle 13 mg sauma on liimautunut kiinni, mutta kuiturepeämää ei tule ollenkaan. Kun liimanmäärä alkaa kasvamaan niin myös kuiturepeämä alkaa lisääntymään. Pitäviä saumoja, joissa kuiturepeämää on, saadaan aikaiseksi 13 mg liimamäärällä. Silloin kuiturepeämää syntyy alle 50 %, mutta sauma on tarpeeksi pitävä. Liimamäärän ollessa yli 20 mg sauman kuiturepeämä on yli 50 %. Liimamäärää ei saatu niin pieneksi, että liimasauma ei olisi pysynyt ollenkaan kiinni.



KUVA 7. Sitol 3838 liima laitettuna takon kartongille

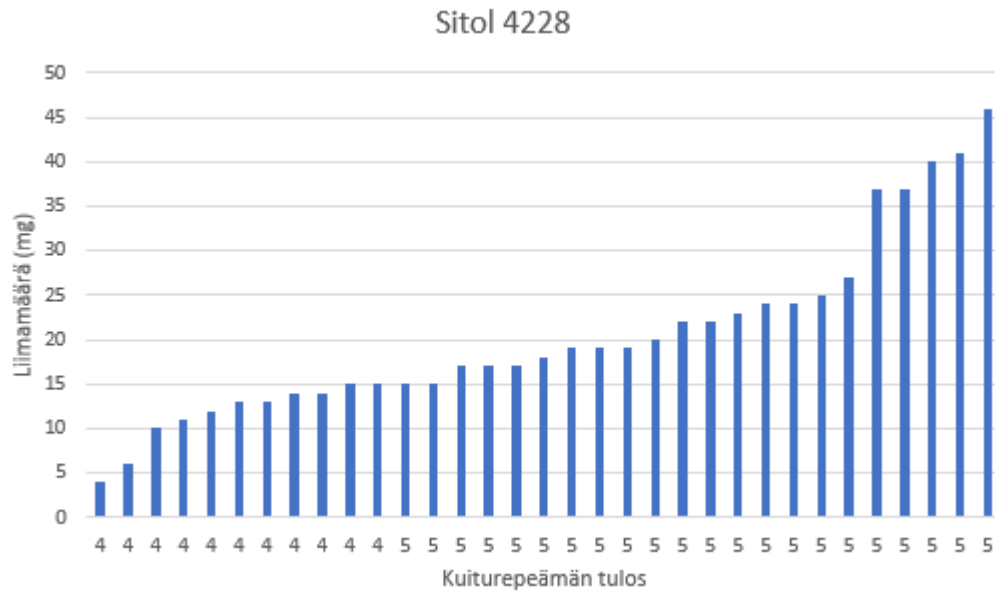
Toinen liima mitä testauksessa käytettiin, oli kestomer VP. Liiman kuiva-ainepitoisuus on 43,64 %. Liima soveltuu elintarvikekäyttöön. Liimaa testattiin myös Takon pohjakartongille. Liima oli väriltään valkoista.



Kaavio 2. Liimamäärä verrattuna kuiturepeämän tulokseen

Tuloksista voidaan heti huomata, että kuiturepeämää oli kaikissa testituloksissa yli 50 %. Liimamäärän ollessa pienimmillään 3 mg, silti saatiin hyvä tulos kuiturepeämän osalta. Tästä voidaankin päätellä, että kestomer VP sopii todella hyvin tämän kartongin liimaamiseen. Tarvittava lujuus saadaan liimasaumaan todella pienellä määrällä liimaa.

Kolmantena liimana toimi sitol 4228, jonka kuiva-ainepitoisuus on 52,24 %. Liima on tarkoitettu paperin ja kartongin laminointiin. Liimalla tehtiin myös testit Takon pohjakartongille. Liima oli väriltään valkoista.



KAAVIO 3. Liimamäärä verrattuna kuiturepeämän tulokseen

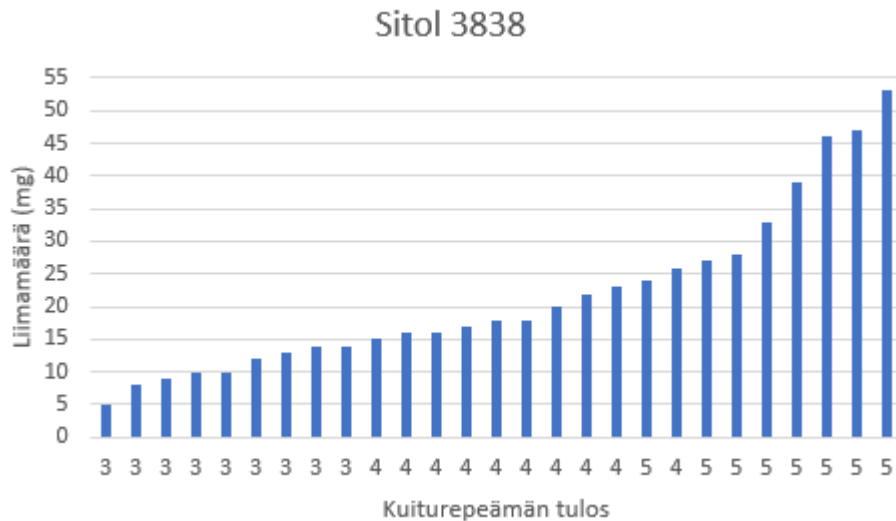
Tuloksista voidaan huomata sama, kuin kestomer VP liimalla. Kuiturepeämässä ei päästy alle 50 %, vaikka liimamäärä oli todella pieni 4 mg. Tästä voidaankin todeta, että tämä liima sopii todella hyvin tämän tyyppisen kartongin liimaamiseen. Pienellä määrällä liimaa saadaan todella pitävä liimasauma.



KUVA 8. Revitty näytekappale

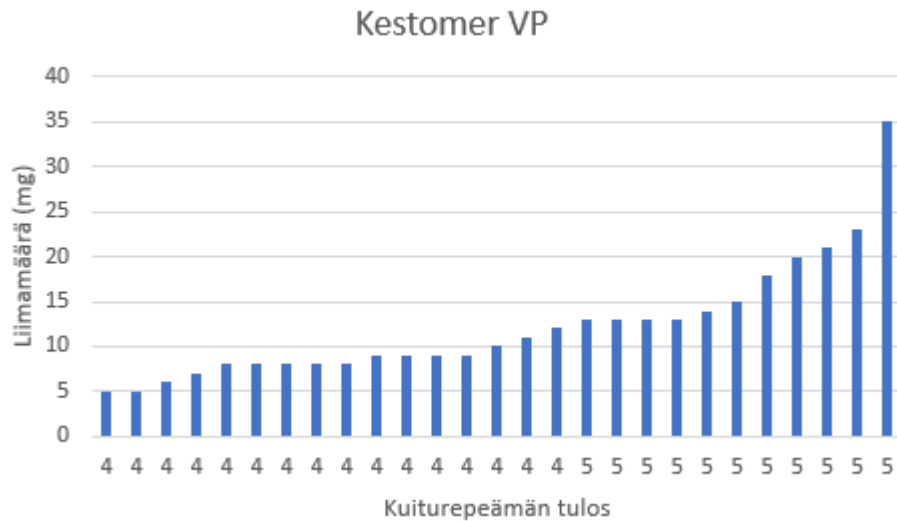
7.2 PankaPlex

PankaPlex on päällystämätöntä kartonkia ja sen neliöpaino on 265 g/m². Kartonkia testattiin samoille liimoille kuin takon kartonkia.



KAAVIO 4. Liimamäärä verrattuna kuiturepeämään

Kuiturepeämää oli pienimmillä määrillä liimaa alle 50 %. Liimamäärän ollessa matalimmillaan 5 mg saavutettiin silti kuiturepeämää. Tämä liimamäärä riittää hyvin tarpeeksi vahvan liimasauman luomiseen. Liimamäärän noustessa 15 mg saavutetaan kuiturepeämää yli 50 %.

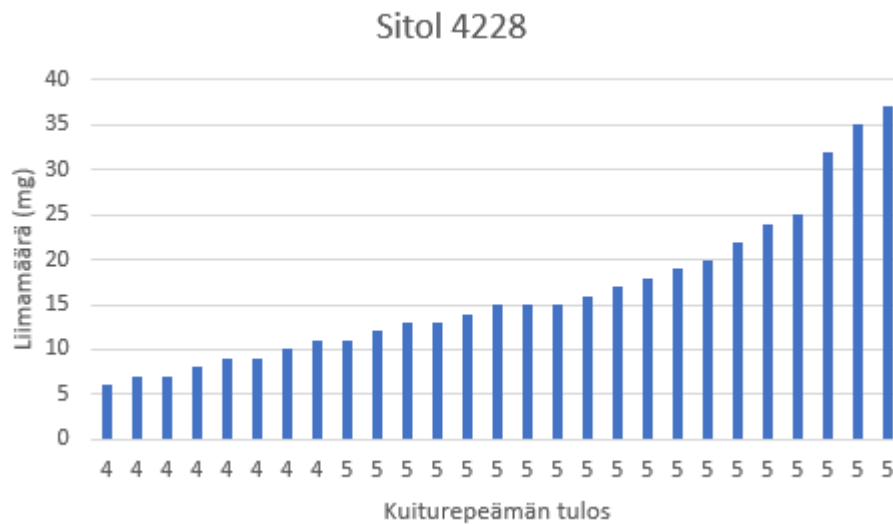


KAAVIO 5. Liimamäärä verrattuna kuiturepeämään

Kestomer VP liima sopii erittäin hyvin kartongin liimaamiseen, vaikka kartonki ei ole päällystettyä. Tuloksista nähdään liimamäärän ollessa 5 mg, saavutetaan silti yli 50 % kuiturepeämä liimasaumassa.



KUVA 9. Kestomer VP liima laitettuna PankaPlex:lle



KAAVIO 6. Liimamäärä verrattuna kuiturepeämään

Tuloksista voidaan huomata, että sitol 4228 liima sopii myös erityisen hyvin tämän kartongin liimaamiseen. Pienillä liimamäärillä 6 – 10 mg saavutetaan jo yli 50 % kuiturepeämää liimasaumassa. Pienellä määrällä liimaa saa siis hyvän liimasauman aikaiseksi.

8 Yhteenveto

Testit onnistuivat hyvin ja haluttuja tuloksia saatiin. Kaikilla liimoilla saavutettiin tarpeeksi hyvä liimasauma molemmilla kartongeilla. Takon pohjakartongille liimamäärät, jolla saatiin, hyvä liimasauma olivat sitol 3838 14 mg, kestomer VP 3 mg ja sitol 4228 4 mg. PankaPlex liimamäärät sitol 3838 5 mg, kestomer VP 5 mg ja sitol 4228 6 mg. Pienillä määrillä liimaa parhaimmat liimasaumat saatiin kestomer VP ja sitol 4228 liimoilla. Sitol 3838 liima oli hieman huonompi verrattuna näihin kahteen. Liimaa tarvittiin enemmän, jotta saatiin samanlainen lopputulos kuin kahdella muulla liimalla. Sitol 3838 toimi paremmin PankaPlex:llä kuin takon kartongilla, mutta siinäkin ei ollut suurta eroa liimamäärässä. Muilla liimoilla ei ollut eroja kartonkien välillä. Erityisesti kestomer VP ja sitol 4228 toimivat todella hyvin näille kartongeille liimauksessa. Sitol 3838 liima ei toiminut niin hyvin kuin muut liimat, koska sen käyttö tarkoitus on hieman erilainen. Se on tarkoitettu hännän liimaamiseen pituusleikkureilla, missä liimalla on tarkoituksena vain aluksi pitää häntä kiinni hylsyssä.

Kartongissa tulee olla tietyt ominaisuudet tarpeeksi hyviä, jotta liima imeytyy ja asettuu kunnolla. Veden absorptio mittauksen avulla nähdään, että imeekö kartonki riittävästi vettä, jotta liimassa oleva vesi imeytyy kartonkiin ja liima kuivuu. Kartongin hyvää pintalujuutta tarvitaan, koska sen täytyy kestää räsitusta ja pintalujuus myös vaikuttaa kartongin liimattavuuteen.

Kokeellisessa osuudessa tehtyä testiä voi käyttää jatkossa. Testillä saatiin aikaan hyviä tuloksia. Liiman levitys tapaa voisinkin hieman vielä pohtia, jos olisi vielä parempi tapa asettaa liima, jotta saataisiin vielä pienempiä ja saman kokoisia liima pisteitä aikaiseksi. Lisäksi kuumaliimoja voisi vielä testata ja muita dispersioliimoja. Muunkinlaisia kartonkeja kannattaisi vielä testata.

LÄHTEET

Knowpap

http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paperboard_technology/packaging/2_manufacturing/frame.htm?zoom_highlightsub=pisteliimaus Luettu 20.3.2020

Iggesund Paperboard AB. 2010. Reference Manual, Intellecta Infolog.

Adhesive and Sealant Council. 2012. Water-based dispersion adhesives. Luettu 23.01.2020. <http://www.adhesives.org/adhesives-sealants/adhesives-sealantsoverview/adhesive-technologies/physically-hardening/water-based-adhesives/waterbased-dispersion-adhesives>

Järvi-kääriäinen T., Ollila M., 2007 Toimiva pakkaus, Pakkausteknologia PTR

Korin C, 2007, Fracture behaviour of adhesive joint in carton board, Karlstad university

Zismann T, Gludan water-based adhesives

Packham D.E, 2005, handbook of adhesion, 2nd edition, university of Bath

Perie E.M, 2003, Handbook of adhesives and sealants, Mc Graw Hill

Laine C, 2005, Introduction to gluability of fiber-based packaking

Kuusipalo J, 2008, Paper and paperboard converting, 2nd edition, fapet Oy

Niskanen K, 1998 Paper and board grades, fapet Oy

Pocius A.V, 2012 Adhesion and adhesives technology, Wiley-Blackwell

Salste M. Muovipäällystys. 1972 Enso-Gutzeit Osakeyhtiö.

Järvinen, L. 2013. Metsä Board, Troubleshooting in Paperboard Converting

L&W

ZD

Tensile

Tester

https://library.e.abb.com/public/c1bd4260145249ab8e55a7786ef6f775/285_LW_ZD_Tensile_Tester_v2.0.pdf Luettu 30.5.2020

KIT https://www.mvm.kit.edu/english/697_5102.php Luettu 30.5.2020

LIITTEET

Liite 1. Sitol 3838 liiman tulokset takon kartongilla

takonpohja		sitol 3838			
ennen (g)	jälkeen (g)	liimamäärä (g)	Liimamäärä (mg)	arvo	
1,403	1,412	0,009	9	2	
1,529	1,539	0,01	10	2	
1,562	1,573	0,011	11	2	
1,582	1,593	0,011	11	2	
1,427	1,439	0,012	12	2	
1,488	1,5	0,012	12	2	
1,6	1,613	0,013	13	2	
1,695	1,708	0,013	13	2	
1,501	1,515	0,014	14	3	
1,556	1,57	0,014	14	3	
1,507	1,521	0,014	14	3	
1,471	1,486	0,015	15	3	
1,534	1,549	0,015	15	3	
1,571	1,586	0,015	15	3	
1,502	1,519	0,017	17	3	
1,608	1,625	0,017	17	3	
1,501	1,518	0,017	17	3	
1,542	1,561	0,019	19	3	
1,59	1,609	0,019	19	3	
1,571	1,59	0,019	19	4	
1,529	1,55	0,021	21	4	
1,481	1,503	0,022	22	4	
1,47	1,492	0,022	22	4	
1,576	1,599	0,023	23	4	
1,531	1,555	0,024	24	4	
1,492	1,516	0,024	24	4	
1,551	1,576	0,025	25	4	
1,538	1,564	0,026	26	4	
1,49	1,518	0,028	28	4	
1,594	1,627	0,033	33	4	
1,626	1,67	0,044	44	4	
1,507	1,56	0,053	53	5	
1,551	1,613	0,062	62	5	

Liite 2. Kestomer VP liiman tulokset takon kartongilla

takonpohja	kestomer vp				
ennen (g)	jälkeen (g)	liimamäärä (g)	Liimamäärä (mg)	arvio	
1,588	1,591	0,003	3	4	
1,555	1,558	0,003	3	4	
1,555	1,559	0,004	4	4	
1,519	1,523	0,004	4	4	
1,681	1,685	0,004	4	4	
1,586	1,591	0,005	5	4	
1,543	1,548	0,005	5	4	
1,559	1,564	0,005	5	4	
1,565	1,57	0,005	5	4	
1,691	1,697	0,006	6	4	
1,601	1,607	0,006	6	4	
1,542	1,549	0,007	7	4	
1,477	1,484	0,007	7	4	
1,44	1,448	0,008	8	4	
1,55	1,558	0,008	8	4	
1,548	1,556	0,008	8	5	
1,592	1,6	0,008	8	5	
1,507	1,515	0,008	8	5	
1,619	1,627	0,008	8	5	
1,622	1,631	0,009	9	5	
1,577	1,587	0,01	10	5	
1,541	1,552	0,011	11	5	
1,414	1,425	0,011	11	5	
1,668	1,68	0,012	12	5	
1,341	1,353	0,012	12	5	
1,708	1,72	0,012	12	5	
1,465	1,477	0,012	12	5	
1,405	1,418	0,013	13	5	
1,399	1,413	0,014	14	5	
1,572	1,587	0,015	15	5	
1,407	1,426	0,019	19	5	
1,343	1,364	0,021	21	5	
1,498	1,543	0,045	45	5	

Liite 3. Sitol 4228 liiman tulokset takon kartongilla

takonpohja		sitol 4228			
ennen (g)	jälkeen (g)	liimamäärä (g)	Liimamäärä (mg)	arvio	
1,397	1,401	0,004	4	4	
1,392	1,398	0,006	6	4	
1,576	1,586	0,01	10	4	
1,591	1,602	0,011	11	4	
1,53	1,542	0,012	12	4	
1,582	1,595	0,013	13	4	
1,553	1,566	0,013	13	4	
1,517	1,531	0,014	14	4	
1,588	1,602	0,014	14	4	
1,522	1,537	0,015	15	4	
1,447	1,462	0,015	15	4	
1,51	1,525	0,015	15	5	
1,659	1,674	0,015	15	5	
1,465	1,482	0,017	17	5	
1,534	1,551	0,017	17	5	
1,591	1,608	0,017	17	5	
1,496	1,514	0,018	18	5	
1,487	1,506	0,019	19	5	
1,494	1,513	0,019	19	5	
1,553	1,572	0,019	19	5	
1,458	1,478	0,02	20	5	
1,51	1,532	0,022	22	5	
1,32	1,342	0,022	22	5	
1,444	1,467	0,023	23	5	
1,421	1,445	0,024	24	5	
1,58	1,604	0,024	24	5	
1,453	1,478	0,025	25	5	
1,498	1,525	0,027	27	5	
1,532	1,569	0,037	37	5	
1,623	1,66	0,037	37	5	
1,556	1,596	0,04	40	5	
1,486	1,527	0,041	41	5	
1,541	1,587	0,046	46	5	

Liite 4. Sitol 3838 liiman tulokset PankaPlex

panka flex	sitol 3838			
ennen (g)	jälkeen (g)	liimamäärä (g)	Liimamäärä (mg)	arvio
2,01	2,015	0,005	5	3
2,054	2,062	0,008	8	3
2,153	2,162	0,009	9	3
2,123	2,133	0,01	10	3
2,02	2,03	0,01	10	3
2,103	2,115	0,012	12	3
2,01	2,023	0,013	13	3
2,067	2,081	0,014	14	3
2,074	2,088	0,014	14	3
2,104	2,119	0,015	15	4
2,097	2,113	0,016	16	4
2	2,016	0,016	16	4
2,031	2,048	0,017	17	4
2,035	2,053	0,018	18	4
2,101	2,119	0,018	18	4
2,076	2,096	0,02	20	4
2,024	2,046	0,022	22	4
2,045	2,068	0,023	23	4
2,12	2,144	0,024	24	5
2,05	2,076	0,026	26	4
2,064	2,091	0,027	27	5
2,166	2,194	0,028	28	5
2,159	2,192	0,033	33	5
2,234	2,273	0,039	39	5
2,02	2,066	0,046	46	5
2,167	2,214	0,047	47	5
2,01	2,063	0,053	53	5

Liite 5. Kestomer VP liiman tulokset PankaPlex

kestomer vp					
ennen (g)	jälkeen (g)	liimamäärä (g)	Liimamäärä (mg)	arvio	
2,226	2,231	0,005	5	4	
2,288	2,293	0,005	5	4	
2,168	2,174	0,006	6	4	
2,194	2,201	0,007	7	4	
2,179	2,187	0,008	8	4	
2,163	2,171	0,008	8	4	
2,214	2,222	0,008	8	4	
2,181	2,189	0,008	8	4	
2,225	2,233	0,008	8	4	
2,202	2,211	0,009	9	4	
2,148	2,157	0,009	9	4	
2,147	2,156	0,009	9	4	
2,188	2,197	0,009	9	4	
2,204	2,214	0,01	10	4	
2,179	2,19	0,011	11	4	
2,184	2,196	0,012	12	4	
2,148	2,161	0,013	13	5	
2,134	2,147	0,013	13	5	
2,184	2,197	0,013	13	5	
2,134	2,147	0,013	13	5	
2,176	2,19	0,014	14	5	
2,235	2,25	0,015	15	5	
2,119	2,137	0,018	18	5	
2,146	2,166	0,02	20	5	
2,146	2,167	0,021	21	5	
2,154	2,177	0,023	23	5	
2,158	2,193	0,035	35	5	

Liite 6. Sitol 4228 liiman tulokset PankaPlex

sitol 4228					
ennen (g)	jälkeen (g)	liimamäärä (g)	Liimamäärä (mg)	arvio	
2,114	2,12	0,006	6	4	
2,143	2,15	0,007	7	4	
2,124	2,131	0,007	7	4	
2,174	2,182	0,008	8	4	
2,148	2,157	0,009	9	4	
2,134	2,143	0,009	9	4	
2,164	2,174	0,01	10	4	
2,154	2,165	0,011	11	4	
2,142	2,153	0,011	11	5	
2,09	2,102	0,012	12	5	
2,134	2,147	0,013	13	5	
2,143	2,156	0,013	13	5	
2,142	2,156	0,014	14	5	
2,124	2,139	0,015	15	5	
2,141	2,156	0,015	15	5	
2,124	2,139	0,015	15	5	
2,134	2,15	0,016	16	5	
2,106	2,123	0,017	17	5	
2,134	2,152	0,018	18	5	
2,171	2,19	0,019	19	5	
2,164	2,184	0,02	20	5	
2,125	2,147	0,022	22	5	
2,143	2,167	0,024	24	5	
2,159	2,184	0,025	25	5	
2,171	2,203	0,032	32	5	
2,18	2,215	0,035	35	5	
2,175	2,212	0,037	37	5	