

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Anniina Vahander

TESTIMENETELMIEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI JA
LUJUUSMITTAUKSEN OPTIMOINTI

Tekniikka Porin yksikkö

Kemiantekniikan koulutusohjelma

2009

TESTIMENETELMIEN LUOTETTAVUUDEN ARVIOINTI JA LUJUUSMITTAUKSEN OPTIMOINTI

Anniina Vahander
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Kemiantekniikan suuntautumisvaihtoehto
Työn ohjaaja: lehtori Timo Hannelius, SAMK
Työn valvoja: FM Hanna Hyörä, AMCOR
Joulukuu 2009

Hakusanat: optimointi, mittausepävarmuus, R&R-menetelmä

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli tutkia testimenetelmien luotettavuutta sekä lujuusmittauksen optimointia eli saumauslämpötilan muuttamista. Työssä tutkittiin elektroniseen tarkoitukseen käytettävän teipin tarttuvuutta sekä sen mittausepävarmuutta. Myös näytteenottotavan mahdollinen muuttaminen sisällytettiin testaukseen. Työssä tutkittiin myös PEEL-kuumasaumanlujuuden mittausepävarmuutta sekä saumausolosuhteiden muuttamista.

PEEL-kuumasaumanlujuuden mittausepävarmuuden määrittämisessä avuksi käytettiin R&R-menetelmää. Teipin tarttuvuuden mittausepävarmuuden määrittämiseksi laskettiin mittauksia tehneiden henkilöiden mittaustulosten hajonnat. Tutkittiin myös ajan kulumisen vaikutus teipin tarttuvuuteen sekä korrelaatiota lopputuotteen tulosten kanssa.

R&R-menetelmän avulla rakenteelle 107222 henkilövaihtelun suhteelliseksi virheeksi saatiin 21 % ja laitevaihdelun 17 %. Rakenteelle 102550 samat tulokset olivat 13 % ja 31 % vastaavasti. Teipin tarttuvuuden henkilöiden välisessä vertailussa tulosten tasoero oli merkittävä.

Optimoinnin perusteella todettiin, että saumauslämpötilaa voidaan muuttaa. Alennettaessa lämpötilaa saatiin hyväksytyissä rajoissa olevia tuloksia jopa enemmän kuin nykyisellä lämpötilatasolla. Myös teipin tarttuvuuden uuden näytteenottotavan käyttöönottoon ei ole mitään esteitä. Näytteenottotapa ei vaikuttanut oleellisesti tuloksiin. Myöskään ajan kuluminen ei vaikuttanut teipin tarttuvuuteen mitenkään. Lopputuotteen tarttuvuuskaan ei muuttunut tuotantorullan tarttuvuudesta merkittävästi.

EVALUATION OF RELIABILITY OF TEST METHODS AND OPTIMIZATION OF TENSILE STRENGTH MEASUREMENT

Anniina Vahander

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Program in Chemical Engineering

Chemical Engineering

Supervisor: Senior Lecturer Timo Hannelius, SAMK

Supervisor of the Company: M.Sc. Hanna Hyörä, AMCOR

Keywords: optimization, measuring inaccuracy, R&R-method

ABSTRACT

Purpose of this thesis was to study the reliability of different test methods. Tensile strength measurement, i.e. variation of the sealing temperature, was optimized. Adhesiveness and measuring inaccuracy were studied as well. Change of sampling was included in the test. PEEL-heat seal strength and conversion of sealing conditions were examined.

R&R-method was used in determination of measuring inaccuracy of PEEL-heat seal strength. In determination of inaccuracy of adhesiveness test the deviation of the results received by quality control persons was determined. Influence of the storage time on the adhesiveness of the tape as well as correlation with the end results were examined.

Relative error of appraiser variation for structure 107222 was 21 % and equipment variation 17 % according to the R&R-method. Corresponding values for the structure 102550 were 13 % and 31 %. Differences of the results of adhesiveness of the tape between appraisers were significant.

On the basis of optimization there are no reasons why sealing conditions couldn't be changed. At lower temperature even better results fulfilling quality criteria were received. It is evident that the new sampling method can be applied in practice. Sampling methods studied didn't affect radically on the adhesiveness of the tape. Also storage time didn't affect significantly on the results. End product adhesiveness results were quite similar with corresponding production reel results.

1	JOHDANTO	5
2	AMCOR FLEXIBLES FINLAND OY	6
3	TEIPIN TARTTUVUUSTESTI	7
3.1	Testiohje	7
3.2	Paine herkkä liima.....	11
3.3	Paine herkkä teippi.....	11
4	PEEL - KUUMASAUMANLUJUUS	13
4.1	Testiohje	13
4.2	Polybuteeni-1 (PB-1)	15
4.2.1	Polybuteeni-1 ja sen käyttö	15
4.2.2	Kuumalujat sovellukset.....	16
4.2.3	Seokset filmisovelluksissa	17
4.2.4	Kuumasulatusliimat	18
5	R&R-MENETELMÄ	18
5.1	Mittausjärjestelmän arviointi.....	18
5.2	R&R-menetelmän hyvyyden arviointi.....	19
6	TYÖN TARKOITUS	21
7	TYÖN SUORITUS	22
7.1	Kuumasaumanlujuus	22
7.1.1	Työssä käytetyt laitteet.....	22
7.1.2	Työn kulku	24
7.1.3	Laskuesimerkit.....	24
7.2	Teipin tarttuvuustesti.....	26
7.2.1	Työssä käytetyt laitteet.....	26
7.2.2	Työssä käytetyt reagenssit.....	27
7.2.4	Laskuesimerkit	28
8	TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI	30
8.1	PEEL-kuumasaumanlujuus	30
8.2	Teipin tarttuvuustesti.....	32
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	38
	LÄHTEET	
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä määritettiin PEEL-kuumasaumanlujuuden sekä elektroniseen tarkoitukseen käytetyn teipin tarttuvuuden mittausepävarmuutta. Jokaisen tuotteen valmistumisprosessi sisältää prosessin ja mittauksen vaihtelua. Mittausvaihtelu johtuu mittalaitteesta, mittauksen suorittavasta henkilöstä sekä näytteestä.

PEEL-kuumasaumalujuuksia mitattiin eri lämpötiloissa, jotta saatiin selville olisiko mahdollista alentaa lämpötilaa niin, että tulokset pysyisivät paremmin spesifikaation vaatimusten sisällä. Kuumasaumanlujuustestissä myös verrattiin kahden eri saumaajan tuloksia toisiinsa, jotta tarvittaessa toista saumaajaa voi käyttää korvaamaan toista. Myös PEEL-kuumasaumanlujuuden mittausepävarmuus haluttiin selvittää.

Amcor Flexibles Finland Oy:n Kauttuan tehtaalla on asiakkaana elektroniseen käyttöön tarkoitetun teipin valmistaja, jolle Amcor mittaa teipin tarttuvuuden. Teipin tarttuvuudesta haluttiin selvittää, voidaanko näytteenottotapaa muutta niin, että tarttuvuus ei kärsi tai se jopa paranisi. Myös uuden näytteenottotavan ja henkilövaihtelun vaikutusta tuloksiin tutkittiin. Aikaseuranta kuului niin ikään työnkuvaan.

2 AMCOR FLEXIBLES FINLAND OY

Amcor Flexibles Finland Oy kuuluu osana alansa johtavaan ja maailmanlaajuisesti toimivaan Amcor Flexibles –pakkausryhmään. Amcor Flexibles koostuu 44 tehtaasta 22 maassa ja sen palveluksessa työskentelee noin 7900 henkilöä. Australialainen pörssiyhtiö Amcor Ltd on ryhmän emoyhtiö, joka on keskittynyt pakkausteollisuuteen. Amcor Flexibles Finland Oy:n tuotteet ovat joustopakkausmateriaaleja, jotka menevät pääasiassa elintarviketeollisuudelle. Sen tehtaat sijaitsevat Euran Kauttualla ja Lieksassa ja myyntikonttori Vantaalla. /1/

Amcor Flexibles Kauttua on perustettu 1937, jolloin se oli nimeltään Euran Paperi. Vuonna 1990 tehdas vaihtui Ahlström Eurapak Oy:ksi vuoteen 1994 asti, jonka jälkeen siitä tuli Åkerlund & Rausing Oy. Vuonna 2001 tehtaan osti nykyinen Amcor Flexibles Finland Oy. AF Kauttualla työskentelee noin 200 työntekijää.

Kauttuan tehtaan pinta-ala on 55 000 m², joista noin 10 000 m² on vuokrattu muille yrityksille. Vuokralaisia ovat muun muassa Sun Chemical Oy (painoväritoimittaja), Medivire Työterveyspalvelut Oy sekä Å&R Carton Oy (kartonkipakkausten valmistaja). /3/

Amcor Flexibles Kauttua valmistaa ns. joustopakkausmateriaaleja. Joustopakkauksessa on monta eri kerrosta. Kerrokset voidaan yhdistää joko laminoimalla tai päällystämällä. Laminoinnissa raaka-aineet yhdistetään liiman, lakan, vahan tai muovin avulla. Päällystyksessä materiaalit pinnoitetaan lakalla, muovilla tai vahalla. Joustopakkaus voi koostua muovien ja alumiinifolion tai paperin yhdistelmästä. Pakattava tuote määrittelee pakkaukselta vaadittavat suojaominaisuudet ja sitä kautta käytettävät materiaalit. Pakkauksen varsinainen muoto syntyy asiakkaan pakkauskoneella. Esim. kahvi, makeiset ja jäätelöt pakataan joustopakkauksiin. /2/

3 TEIPIN TARTTUVUUSTESTI

3.1 Testiohje

Näytteet

Asiakas toimittaa näytteet AF Kauttuan laboratorioon.

Ohje näytteen otosta: Näytteestä leikataan neljä näytenauhaa kolmesta kohtaa rullasta (molemmista reunoista ja keskeltä) niin, että näytenauharyhmien etäisyys toisistaan on 300 mm. Testattavan tarttuvan pinnan on oltava pölytön eikä pintaa saa koskea sormilla tai millään vieraalla esineellä. Aina kun mahdollista leikkaa näyte leveyteen 25 mm, pituus noin 450 mm.

Kaksipuoliset teipit testataan poistamalla suojamateriaali ja peittämällä tarttuva ei-testattava pinta pehmeällä paperilla.

Rullanäytteet irrotetaan rullasta vetämällä tasaisesti noin 300 mm/s nopeudella (ensin poistetaan rullan päältä riittävästi materiaalia).

Huom! Muista lukea käyttämiesi aineiden käyttöturvallisuustiedotteet! Käytä suojakäsineitä!

Standardi

Testi noudattaa standardia CEI IEC 454-6. Leukojen vetonopeus 300 ± 30 mm/min. Leuka liikkuu 300 mm. Tulos; laskee keskimääräisen tarvittavan irrotusvoiman vetomatkalta 50 mm – 250 mm.

Reagenssit, laitteet ja tarvikkeet

Vetolujuuslaite Lloyd, laite 10-37. Kenno: 50N. Asiakkaan toimittamat teräslevyt (Standardin mukaan oltava ISO 683 tyyppi 13 mukaiset.) 10 kg:n tela. Levyjen puhdistukseen nukkaamatonta materiaalia. Levyjen puhdistukseen tekninen asetoni ja 4-hydroksi-4-metyyli-2-pentanoni (diasetonialkoholi). /4, s. 1/

Laitteen valmistelu

Laitteessa on oltava 50 N - kenno!

Kennon vaihto tarvittaessa: löysää yläkennon jengat, irrota poikkipultti, ota leuat pois. Irrota kennon anturi, jossa on punainen pilkku, vetämällä. Avaa kennon ruuvi päältä ja ota kenno pois. Alaleuka saa olla paikoillaan. Aseta tilalle 50 N – kenno. Kiinnitä kenno ruuvaamalla. Laita kennon anturi paikoilleen, punainen piste ylöspäin. Kiinnitä leuat poikkipultilla ja kiristä jengat siten ettei leuka heilu. HUOM! Leukojen kohtisuoruus toisiaan vasten.

Kytke virta tulostimeen, näytölle, tietokoneeseen ja Lloydiin. Tietokone kysyy passwordia, paina näppäimistöltä Enter.

Vetokone:

Laitteessa oli ennen kennon vaihtoa 1000 N kenno:	Laitteessa oli valmiiksi 50 N kenno:
Paina C. Tulee teksti ENTER LOAD CELL VALUE. Syötä 50N. Hyväksy painamalla A. Paina C. Näyttöön tulee ENTER CELL CALIBRATION. Syötä 100.0%. Hyväksy A:lla. Valitse LOCAL CONTROL painamalla A tai B riippuen kumpi kirjain on sen perässä. Paina A niin kauan kun tulee teksti ACCEPT OPTIONS. Paina vielä kerran A. Tämän jälkeen säädä leukojen väli 200 mm:ksi nuolinäppäimillä. Säädön jälkeen paina R.	Tulee teksti ENTER LOAD CELL VALUE 50N. Hyväksy painamalla A. Tulee teksti ENTER CELL CALIBRATION 100.0%. Hyväksy A:lla. Valitse LOCAL CONTROL painamalla A tai B riippuen kumpi kirjain on sen perässä. Paina A niin kauan kun tulee teksti ACCEPT OPTIONS. Paina vielä kerran A. Tämän jälkeen säädä leukojen väli 200 mm:ksi nuolinäppäimillä. Säädön jälkeen paina R.

Näytössä on LOCAL CONTROL REMOTE CONTROL valitse Rremote control painamalla kirjainta, joka on sen perässä. Lloydin näyttöön tulee teksti CANNOT CONNECT TO REMOTE COMPUTER. Kaksoisklikkaa tällöin hiirellä tietokoneen näkyvän Lr Lrx Console –ikonin päällä. Lloydin näyttöön tulee tekstit LOAD ja EXTENSION ja Lloydia voi nyt ohjata päätteeltä. Klikkaa vielä hiiren oikealla näppäimellä Console:n sinistä palkkia. Valitse Machine Setuo Schemes ja edelleen Schemen pudotusvalikosta 50 N. Save as. OK. Tarvittaessa säädä alaleukojen

etäisyys siten, että teräsöevy mahtuu väliin. Kaksoisklikkaa ikonia Shortcut to AkerOndio. Edit ja Insert New Test. Test ja Start Test. (No). Sample information kohtaan Width kirjoita leikkaamasi näytteen leveys, kohtaan Batch Reference kirjoita näytteen tunnistetiedot (varmista ettei nimi ole jo käytetty), kohtaan Sample reference omat nimikirjaimesi. Speed oltava 300 mm/min. /4, s. 2-3/

Testaus

1. TERÄSLEVYJEN VALMISTELU Huom. Teräslevyjen puhdistus tehdään vetokaapissa. Käytettävä käsineitä! Pyyhi levyt diasetonialkoholilla, jonka jälkeen levyt kuivataan nukkaamattomalla materiaalilla. Joka levyn pyyhintäkerran jälkeen otetaan puhdas materiaali, jonka kanssa levy kuivataan. Niin ikään, joka levyn kuivauskerran jälkeen otetaan uusi puhdas materiaali. Tämän jälkeen pyyhi levyt yhteensä kolme kertaa asetonilla. Kuivaa joka pyyhintäkerran jälkeen levyt puhtaalla materiaalilla. Kolmannella puhdistuskerralla levyt puhdistetaan 30 sekunnin välein. Anna teräslevyjen ilmastoitua (5 ± 1 min). Näytteet on laitettava teräslevylle 15 sekunnin kuluttua siitä kun ne on irrotettu suojamateriaalista. Näyte asetetaan tarttuva pinta alaspäin levyn pintaan keskelle levyä. Näyte on asetettava yhdensuuntaisesti levyn pitkien sivujen kanssa. Levyn toiseen päähän jää noin 20 cm:ä vapaata teippiä. Huom. Ilmakuplia ei saa jäädä teipin ja levyn väliin. Vedä telalla näytteen ylitse tasaisella vauhdilla (telan 200 mm matka on kestettävä 10 – 12 sekuntia) neljä kertaa, kaksi kertaa kumpaankin suuntaan. Telaa on varottava painamasta käsin, jolloin näytteeseen kohdistuu liian suuri voima

Näytteen annetaan olla rauhassa 5 minuuttia.

2. Nollaa näyttö tietokoneen näytöltä tai Lloydin nappulasta. Laitteen nollaus ainoastaan silloin, kun yläleuka on tyhjänä. Nollaa näyttö aina ennen uuden mittauksen aloittamista. Laita vapaa pää kaksinkerroin noin 4 cm, että saat näytteen kiinni leukoihin. Alaleukaan kiinnitetään teräslevy, yläleukaan teippi. Teräslevyn on oltava suorassa ja teipin yhdensuuntainen levyn kanssa. Klikkaa OK. Kun testi päättyy, irrota levy koneesta ja paina OK, että leuka palaa alas. Kiinnitä uusi näyte. Sulje kuva oikeassa yläreunassa olevasta x. Valitse ylävalikosta File ja Open Quick-Starter. Klikkaa Start a Test. Syötä uudelleen teipin leveys tarvittaessa. OK. Testaa vielä neljäs rinnakkainen. Sulje Test Quick-Starter x:stä. Seuraava näytesarja: Edit Insert New Test. Test ja Start Test, kuten kohdassa laitteen valmistelu.

Tulokset ja testin lopetus

Raportin tulostus

View ja Row Query, laita väkänen rivien ruutuun, jossa ovat näytetietosi. Paina OK. File, print ja OK. Tulokset ilmoitetaan yksikössä N/cm. Ilmoitetaan vähintään kolmen rinnakkaisen keskiarvo yhden desimaalin tarkkuudella. Standardin mukaan on ilmoitettava myös puhdistusliuotinaine (asetoni kuten yleensä). Jos tulossivulla ei ole rivinumeroa poissa, niin myöskään rivejä ei ole poistettu. /4, s. 4/

Testin lopetus

Sulje testi oikeasta yläkulmasta. Tallenna tiedot vastaamalla Yes.

Poikkeamat standardista CEI IEC 454-6

Näytteet

Standardin mukaan rinnakkaismittauksia tehdään viisi (5) kappaletta, mielellään keskeltä näytettä.

Reagenssit, laitteet ja tarvikkeet

Teräslevyt

Asiakas toimittaa standardin mukaiset teräslevyt.

Tarvikkeet

Standardi CEI IEC 454-6 määrittelee käytettävän telan liitteessä A. Asiakas hyväksynyt nykyisessä käytössä olevan 10 kg telan.

Testaus

1. Teräslevyjen valmistelu

Standardissa ei mainita puhdistusta 30 sekunnin välein. Kun näytteet on pyyhitty asetonilla ja kuivattu nukkaamattomalla paperilla kolmannen kerran, annetaan levyjen ilmastoitua 5 ± 1 min.

Levyjen toiseen päähän jää noin 25 cm.

2. Mittaus

Mittausolosuhteet: lämpötila 23 ± 2 °C, suhteellinen kosteus 50 ± 5 °C.

Leukojen liikuttava nopeudella 300 ± 30 mm/min.

Tulokset

Ilmoitetaan viiden mittaustuloksen keskiarvo yksikössä N/10 mm yhden desimaalin tarkkuudella. /4, s. 5/

3.2 Paine herkkä liima

Paine herkkä liima (PSA, itse liimautuva liima) on liima, joka muodostaa siteen kun paine on sovellettu liittämään liima liimattavaan kappaleeseen. Liuotinta, vettä tai lämpöä ei tarvita liiman tehostamiseen. Sitä käytetään paineherkissä teipeissä, etiketeissä, muistilehtiöissä, auton koristelussa ja paljon muissa tuotteissa.

Kuten nimi ”paine herkkä” osoittaa, paineen määrä, jota käytetään liiman siveltämiseksi pintaan, on vaikuttanut sitoutumisasteeseen. Pintakertoimet kuten sileys, pinnan energia, epäpuhtauksien poistaminen jne. ovat myös tärkeitä kunnollisen liitoksen muodostumisessa.

Paine herkkät liimat on yleensä suunniteltu muodostamaan sidos ja tarttumaan kunnolla huoneen lämpötilassa. Paine herkkät liimat tyypillisesti menettävät tahmeutensa tai tahmeus huononee alhaisissa lämpötiloissa; erikoisliimoja valmistetaan , jotta ne toimisivat korkeissa ja alhaisissa lämpötiloissa. On tärkeää valita liimamuotoilu, joka on suunniteltu tarkoitettuihin käyttöolosuhteisiin.

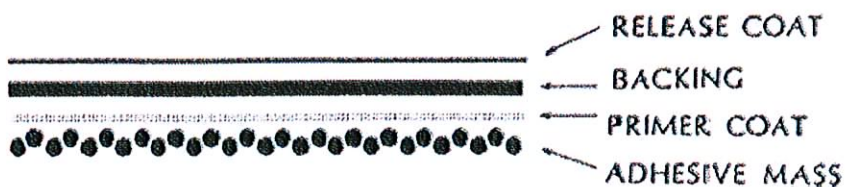
Paine herkkät liimat on valmistettu joko nestemäisiksi tai 100%:sti kiinteään muotoon. Tuotteet kuten teipit ja etiketit on valmistettu nestemäisestä paine herkkästä liimasta päällystämällä tuki liimalla ja höyrytämällä orgaaninen liuotin tai vesi, yleensä kuumassa ilmakehässä. /5/

3.3 Paine herkkä teippi

Paine herkkä teippi, PSA teippi, itse liimautuva teippi käsittää pakkausmateriaalin, kuten paperin, muovifilmin, viiran tai metallifolion, joka on päällystetty paine herkällä liimalla. Joillakin on irrotettava pintapaperi, joka suojaa liimaa kunnes

pintapaperi poistetaan. Nämä teipit tehdään laittamalla liimaavaa emulsiota nauhalle tai filmille, josta tehdään sen jälkeen rulla. Valmistus tapahtuu usein laittamalla suuria määriä liima-ainetta rullalle ja leikkaamalla sen jälkeen teippirullat käytännöllisen kokoisiksi. Paine herkkä teippi tarttuu käyttöpaineella ilman, että tarvitaan liuotinta, lämpöä tai vettä aktivoimiseen. Vastaavasti esim. ”vesi aktivoitunut” teipit tarvitsevat lämmintä vettä aktivoituakseen. Samoin jotkut ”lämpö aktivoitunut” teipit tarvitsevat lämpöä. /6/

Paine herkkä teippi – niin kutsuttu, koska kevyt paine aiheuttaa sen kiinnittymisen helposti useimpiin pintoihin – tyypillisesti koostuu neljästä rakenneosakerroksesta.



Kuva 1. Tyypillisen paine herkän teipin neljä komponenttia. /7/

Kaksi näistä kerroksista on helposti huomattavia: liima massa (adhesive mass), joka yleensä koostuu synteettisestä tai luonnon kumista (lähiaikoina enemmän akryylipolymeeristä) ja voi sisältää useita pehmittimiä, antioksidanteja ja kovetusaineita; ja tuki (backing), joka voi olla folio, kreppipaperi, tekstiili, sellofaani, selluloosa-asettaatti tai mikä vaan monista joustavista materiaaleista ja se voi olla vahvistettu lasilla tai muilla kuiduilla.

Vähemmän ilmeinen mutta yhtä tärkeä on kiilauspinta, tai primeri (primer coat), jota käytetään liiman ja tuen välissä varmistamassa hyvä adheesio näiden kahden välillä; ja releasepinta (release coat), levitettyinä tuen pinnalle, jotta rulla voidaan rullata ilman, että pinnalle jää yhtään jäännöslimaa.

Paine herkän teipin kehitti ensin tohtori Horace Day vuonna 1845. Hän oli kirurgi, joka keksi metodin levittää luonnonkumiliimaa tekstiililiuskoihin. Näin ollen hän tuotti erälaista kirurgista teippiä, jota hän käytti ammatin harjoituksessaan.

Seuraava suuri paine herkän teipin käyttötarkoitus oli auotteollisuudessa 1920-luvulla. Kaksisävyiset autot olivat tulossa yhä enemmän suosittumiksi ja valmistajat tarvitsivat tehokkaan tavan tuottaa puhdas, terävä reuna, jossa kaksi väriä yhdistyy ja

silti pitää yllä tuotenopectta, joka oli saavutettu automaattisen maalausspraypyssyn keksimisestä. Kun alueet oli peitetty paperilla, jota piti paikallaan tekstiili kirurginen teippi, juuri spreijatun maalin liuottimet erittyivät tekstiilin läpi ja aiheuttivat sen tarttumisen pintaan, jota sen piti suojella. 1925 Minnesota Mining and Manufacturing Company (3M) ratkaisi tämän ongelman keksimällä maalarinteipin – parkkipaperituki päällystettynä kumiliimalla yhdistettynä useisiin öljyihin ja hartseihin, jotta siitä tuli tarttuva. /7/

4 PEEL - KUUMASAUMANLUJUUS

4.1 Testiohje

Yleistä

Kuumasaumaus suoritetaan työmääräimen laatuohjeen mukaisesti. Saumaus tehdään alueelta, mistä asiakas tulee materiaalin saumaamaan pakkausta muodostaessaan. Periaatteena on, että tuotteista, missä ei levitetä kuumasaumautuvaa ainetta tiettyyn kohtaan erikseen, saumaus tehdään painamattomasta kohdasta, koska pienikin määrä väriä (tuunaus) aiheuttaa saumanlujuuden heikkenemisen.

Laitteet

Vetokoestuslaite (laitenro 10-10)

Sentinel kuumasaumauslaite (laitenro: 10-09): jatkuvalämmitteinen kuumasaumauslaite, jossa yläleuka lämpeää.

Painetta, aikaa ja lämpötilaa saadaan säädettyä. Laitteessa on kahdeksan erillistä yksikköä.

Mittaustarkkuus

Max poikkeama on 1 % lukemasta 10 % - 100 % kennon voima-alueella.

Sentinel: lämpötilavaihtelu (± 2 °C). /8, s. 1/

Taulukko 1. Testaus olosuhteet

TESTI	OLOSUHTEET
410	110 °C / 0,3 s / 2 bar
411	110 °C / 0,5 s / 250 N
415, 416	120 °C / 0,5 s / 2 bar
420, 421	130 °C / 0,5 s / 2 bar
422	130 °C / 0,5 s / 2 bar (1 vrk)
425	130 °C / 0,5 s / 2 bar (uunin jälkeen)
430, 431	140 °C / 1 s / 2 bar
432, 433	140 °C / 0,5 s / 2 bar
440, 441	150 °C / 1 s / 2 bar
442, 443	150 °C / 0,5 s / 2 bar
444, 445	160 °C / 0,5 s / 2 bar
446, 447	160 °C / 1 s / 2 bar
448, 449	150 °C / 0,3 s / 2 bar
450	170 °C / 1 s / 2 bar
451	170 °C / 0,5 s / 2 bar
460	180 °C / 1 s / 2 bar
461	180 °C / 0,5 s / 2 bar
470	180 °C / 1 s / 4 bar
480	200 °C / 1 s / 2 bar
481	200 °C / 0,5 s / 2 bar
483	220 °C / 0,5 s / 2 bar
485	240 °C / 0,5 s / 2 bar

Laitteen valmistelu

Säädä Sentineliin tarvittavat lämpötilat nuolinäppäimistä. Säädä kuitenkin niin, että kahden yksikön välinen ero ei ole suurempi kuin 20 °C:tta (manuaalin mukaan 14 °C).

Vetolaite: nopeus 100 mm/min.

Katso muut ohjeet ja asetukset laiteohjeesta.

Näytteet

Leikkaa materiaalista radan suuntaisesti 5 cm:n levyiset liuskat PEEL-materiaalista. Muista materiaaleista, joissa saumanlujuus on korkea, leikataan 1,5 cm leveät näytteet. Jälkimmäisessä tapauksessa voi myös saumata 5 cm leveät näytteet, mutta ennen lujuuden mittausta leikata 1,5 cm leveän näytteen. /8, s.2/

Työn suoritus

Materiaali taitetaan kaksinkerroin siten, että saumautuvat pinnat ovat vastakkain. Materiaali voidaan saumata myös esim. polystyreenilevyä vasten. Jos saumattava

materiaali ottaa helposti kiinni saumausleukoihin, käytetään suojana polyesterifilmiä. Valitaan saumaajaan työmääräimessä olevan laatuohjeen mukaiset olosuhteet ja saumataan seuraavasti:

Väännetään saumaajan etupaneelissa oleva vipu 5 s:in, painetaan jalkapainiketta yhtäjaksoisesti, kunnes leuat avautuvat. Sen jälkeen vipu väännetään takaisin ylös ja aloitetaan varsinainen saumaus. 5 s:n saumaus tehdään aina ennen mittausarjan aloitusta.

Jäähdytetään materiaali ja vedetään vetolaitteella siten, että saumatun ”hännän” ja leuoissa kiinni olevien liuskojen välinen kulma on 90 astetta. Jos toinen materiaaleista on hyvin jäykkä, käytetään ”häntä alas” asentoa.

Testissä 0422 kuumasaumanlujuus määritetään vuorokauden kuluttua, jolloin joillakin liimoilla vasta saavutetaan todellinen saumanlujuus (esim. HSL5).

Testissä 0445, jos pinnoissa lukee UUNI+OPA, näytettä pidetään 5 min 80 °C uunissa. Jäähdytetään ja saumataan OPA-laminaattiin 160 °C/ 0,5 s/ 2 bar. OPA on erittäin kosteusherkkää. Laadunvalvonnassa olevasta bobinasta otetaan ennen saumausta pois noin kymmenen kerrosta. Saumaus ja sauman avaus 5 cm liuskalla.

Tulokset

Tulokset luetaan näytöltä N /15 mm:nä, kun näyteleveydeksi on asetettu mitattavan näytteen leveys.

Tulos ilmoitetaan yhden desimaalin tarkkuudella. /8, s. 3/

4.2 Polybuteeni-1 (PB-1)

4.2.1 Polybuteeni-1 ja sen käyttö

Polybuteeni-1 (PB-1), kuten polyetylenei ja polypropyleeni, on polyolefiini tai tyydyttymätön polymeeri, joka ilmaistaan C_nH_{2n} . Materiaalilla on kuitenkin tämän

kemiallisen koostumuksen samankaltaisuuden lisäksi vähän samankaltaisia ominaisuuksia PP:n ja PE:n kanssa. Se on monella tapaa radikaalisti erilainen muovihartsiksi. PB-1 käytetään synergenisesti seosaineena parantamaan ja erilaistamaan polyolefiinien ominaisuuksia pakkausfilmeissä tai kuitukankaassa.

PB-1 tuotetaan polymerisoimalla buteeni-1:stä stereospesifisellä katalysaattorilla, jotta siitä tulee korkeasti isotaktinen, puolikiteinen ketjupolymeeri.

Kun sitä käytetään puhtaana hartsina, PB-1:n virumisominaisuudet hyödynnetään. Nämä ominaisuudet ovat niin hyviä, että uusia sovelluksia kehitetään metallin, kumin ja teknillisten polymeerien tarpeisiin.

PB-1 käytetään myös muuttamaan PP:n ja PE:n ominaisuuksia. Jos sinun tarkoituksesi on tehdä PP- tai PE-prosessia paremmaksi, saumaamaan nopeammin, peelaamaan kontrolloidulla voimalla, olemaan pehmeämpi ja joustavampi, kestävämpi korkean lämpötilan voimaa tai olemaan elastisempi, PB-1 on jotain mitä sinun pitäisi tietää. /9, s. 3-4/

4.2.2 Kuumalujat sovellukset

PB-1 käyttäytyy erilaisesti kuin muut polyolefiinit jännitteen alla. Annetun jännitteen indusoidun alkujännityksen jälkeen on hyvin vähän kylmää virtaa jos jännite siinä lämpötilassa on PB-1:n venytysrajan alapuolella. Tämä ominaisuus on suuresti riippuvainen polymeerin morfologiasta ja osoitetaan parhaiten homopolymeereillä tai alhaisilla etyleenin copolymeereillä.

Mahtavan virumiskestävyuden lisäksi PB-1:llä on alhainen jäykkyys. Tämä yhdistelmä on myös saavutettavissa käyttämällä teknillisiä lämpömuovautuvia elastomeerejä kuten copolyeetteriestereitä, copolyamidieetteriesteri hartseja tai lämpömuovautuvia uretaaneja. Kuitenkin hartseista, joilla on samanlainen virumisenkestävyys ja kertoimet, vain PB-1 perustuu olefiinikemiaan ja siksi omistaa hyvän vastuksen happoja, emäksiä ja kuumia poolisia liuoksia, mukaanlukien vesi, vastaan. Sitä paitsi, kuten monet muut olefiinit, hartsiksi ei jännityssäröile.

PB-1:stä käytetään elektronisissa kotitalousveden lämmittimissä Pohjois-Amerikassa missä sitä puhalletaan muovattuna suuriin 15-20 kg tankkeihin. Muut loogiset käyttötarkoitukset voivat olla palosammutimet, asutus- ja uima-allasvesisuodatin rungot, letkut, painekaasu sylinterit ja aerosoliautomaatit, muutamia nimetäkseni.

PB-1:stä käytetään myös kaupallisissa filmeissä, jotka vaativat virumiskestävyyttä, kuten lämmöneristetyissä kokoonpuristetuissa pakkauksissa. Sitä voidaan myös käyttää niputusteipissä ja pitojännitteenä kohotetuissa lämpötiloissa paalipakkauksissa ja erikoisissa kalvosovelluksissa. /9, s. 5-6/

4.2.3 Seokset filmisovelluksissa

PB-1:stä käytetään ainesosana PE:ssä tai PP:ssä, jotta se lainaisi ainutlaatuiset ominaisuutensa loppufilmin rakenteeseen tai lisäisi käsittelyä. Monet PB-1:n hartsit täyttävät Euroopan ja Pohjois-Amerikan elintarvikekelpoisuus vaatimukset. Itse asiassa, hartsilla on erinomaiset alhaiset maku- ja hajuominaisuudet.

Valettuissa PP kalvoissa PB-1 voi kasvattaa filmin joustavuutta ja pehmeyttä ilman, että läpikuultavuus kärsii. Kutistekalvoissa PB-1 laajentaa kutistuslämpötilaikkunaa ja alentaa niin ikään kutistuvuusvoimia. Kaikki tämä voidaan saavuttaa ilman että optiset ominaisuudet kärsivät.

PE filmissä PB-1:stä käytetään laajalti alentamaan kuorittavan sauman saumausvoimaa pusseissa kuten kahvipakkauksissa, kansipapereissa ja jäykissä tölkeissä. Perinteisten saumaushartsien (EVA, LLDPE, ionomeerit, EAA, EMA jne.) kanssa sekoitettuna PB-1 käyttäytyy kuten kontaminantti ja sallii saumattujen rakenteiden kuoriutua halutulla voimalla.. /9, s. 6-7/

4.2.4 Kuumasulatusliimat

PB-1 on kuumasulatusliimoihin hyvä lisä kahden hyvin ainutlaatuisen ominaisuuden takia – yksi on korkeiden etyleeni copolymeerien hidas kiteytymisaste, ja toinen hyvät korkean lämpötilan ominaisuudet verrattuna muihin hartseihin, joita käytetään kuumasulatusliimojen markkinoilla. Nämä ominaisuudet mahdollistaa liiman tuottajien luoda liimakoostuttajia, joilla on hyvin pitkät avaamisajat, (joissa liima pysyy tahmeana aina kolmeenkymmeneen minuuttiin asti) sekä liimoja, joilla on erittäin hyvät alhaisen ja korkean lämpötilan kesto-ominaisuudet. PB-1 käytetään monilla teollisuus aloilla sekä kertakäyttösovelluksissa, kuten kuiturakenteissa, laminoinnissa ja rakennelma liimoina. /9, s. 10/

5 R&R-MENETELMÄ

5.1 Mittausjärjestelmän arviointi

Mittauksen arviointi on tullut yhä tärkeämmäksi prosesseja kehitettäessä, ja itse mittaus on eräs haasteellisimpia kehittämiskohteita. Valvontakohteeksi pitäisikin ottaa mittaustapahtuma, mittari ja sen hajonta. Mittauksen hajonta johtuu todellisesta prosessivaihtelusta ja mittausvaihtelusta. Todellista prosessivaihtelua ovat ”hidas” ja ”nopea” prosessivaihtelu sekä näytevaihtelu. Mittausvaihtelu johtuu näytevaihtelusta sekä mittajaan ja mittalaitteen vaihtelusta. Henkilövaihtelua aiheuttavat mittaajien taito, huolellisuus ja opitut työtavat. Mittalaitteen vaihteluun vaikuttavat sen toistettavuus, kalibrointi, stabiilisuus ja lineaarisuus.

Mittauksen toistettavuus (repeatability) eli laitevaihtelu (EV, Equipment Variation) voidaan määrittellä seuraavasti: mittaustulosten vaihtelu suoritettaessa samat mittaukset uudelleen (sama henkilö, samat välineet ja samat kohteet).

Mittauksen uusittevuus (reproducibility) eli henkilövaihtelu (AV, Appariser Variation) taas määrittellään mittaustulosten keskiarvojen vaihteluksi, kun eri henkilöt suorittavat samat mittaukset (samat kohteet ja laitteet). /10, s. 5/

5.2 R&R-menetelmän hyvyyden arviointi

Arvioinnissa voidaan toistettavuus- ja uusittavuusvirhe erottaa toisistaan. Lisäksi saadaan tietoa, jonka perusteella voidaan päätellä jotain virheen syistä. Jos uusittavuus on huomattavasti heikompi kuin toistettavuus, on syy usein henkilöiden osaamisessa. Jos taas toistettavuus on heikompi, syy on mittauslaitteistossa (huollon puute yms.).

Arvioinnissa voidaan vaihdella sekä henkilöiden määrää, että mittaustoistojen ja –kohteiden määrää. Kohteilla eli näytteillä tulee olla erilaiset todelliset arvot (normaalin prosessivaihtelun rajoissa). Kohteiden merkintä on tehtävä niin, ettei mittaaja tunnista niitä toistoissa. Kohteiden ja mittaajien lukumäärien tulon on oltava suurempi kuin 15, jotta normaalit taulukkovakioiden arvot eivät aiheuta virhettä tuloksiin.

Kukin mittaaja suorittaa halutun määrän mittauksia satunnaisessa järjestyksessä. Jokainen yksittäinen mittaus suoritetaan vain kerran. Vastaavalla tavalla mitataan kohteista halutut rinnakkaismittaukset (toistot). Mittaustulokset taulukoidaan ja tuloksista lasketaan kunkin mittauskohteen osalta mittaustulosten vaihteluväli R (mittaustulosten erotus), näiden vaihteluvälien keskiarvo sekä kunkin henkilön mittaamien sarjojen keskiarvo ja näiden saatujen keskiarvojen maksimierotus (X_{ero}). Mittaustulosten ylemmän kontrollirajan (UCL) avulla tarkistetaan, ovatko tulokset hyväksyttäviä.

$$UCL = R_{avg} * D_4 \quad (1)$$

, jossa R_{avg} on vaihteluvälien keskiarvon keskiarvo ja D_4 vakio, josta löytyy taulukko liitteestä 6. Jos rajan ylittäviä tuloksia löytyy, mittaajan kyseessä olevan näytteen tulokset hylätään ja lasketaan epävarmuudet uudelleen. Taulukoiduista mittaustuloksista lasketaan erikseen toistettavuus- ja uusittavuusvirhe sekä kokonaisvirhe, kaavat 2-4.

Toistettavuus eli laitevaihtelu (EV)

$$EV = R_{avg} * K_1 \quad (2)$$

, jossa K_1 on vakio.

Uusittavuus eli henkilövaihtelu (AV)

$$AV = \sqrt{(X_{ero} * K_2)^2 - \left[\frac{(EV)^2}{(n * r)} \right]} \quad (3)$$

, jossa n on näytteiden lukumäärä, r on rinnakkaismittauksien lukumäärä ja K_2 on vakio.

Toistettavuus ja uusittavuus (R&R)

$$R \& R = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2} \quad (4)$$

Virheen merkitsevyydestä saadaan käsitys, kun saatua arvoa verrataan mittaustulosten toleranssiin (prosentteina toleranssialueen suuruudesta). Tulosten analysoinnin jälkeen määritellään tarvittaessa jatkotoimenpiteet menetelmän täsmentämiseksi.

Laskemalla mittaustulosten suhteellinen virhe tulosten keskiarvosta saadaan kuva menetelmän epävarmuudesta. Toleranssianalyysi osoittaa lähinnä toleranssivälin suuruuden ja sijoittumisen oikeellisuuden tuloksiin nähden.

Esimerkiksi laitevaihtelun (EV) toleranssianalyysi lasketaan seuraavasti

$$EV\% = 100 * \left(\frac{EV}{Toleranssi} \right) \quad (5)$$

, jossa Toleranssi on toleranssialueen suuruus.

Vastaavasti keskihajonta laitevaihtelulle (EV) lasketaan kaavasta

$$\delta_{EV} = \frac{EV}{5.15} \quad (6)$$

, jossa 5.15 on vakio.

Sekä suhteellinen virhe laitevaihtelulle lasketaan kaavasta

$$\frac{EV}{X_{avg}} \quad (7)$$

, jossa X_{avg} on keskiarvojen keskiarvo. /10, s. 6-7/

6 TYÖN TARKOITUS

Työn tarkoituksena oli tarkastella laadunvalvontalaboratoriossa käytettävien mittausmenetelmien mittausepävarmuutta sekä luotettavuutta.

PEEL-kuumasaumalujuuksia mitattiin eri lämpötiloissa, jotta saatiin selville olisiko mahdollista alentaa lämpötilaa niin, että tulokset pysyisivät paremmin spesifikaation vaatimusten sisällä. Kuumasaumanlujuustestissä myös verrattiin kahden eri saumaajan tuloksia toisiinsa, jotta tarvittaessa toista saumaajaa voi käyttää korvaamaan toista. Myös PEEL-kuumasaumanlujuuden mittausepävarmuus haluttiin selvittää.

Teipin tarttuvuustestissä selvitettiin voidaanko näytteenottotapaa muuttaa niin, että tarttuvuus ei kärsi tai se jopa paranisi. Työssä testattiin näytteitä, jotka oli otettu kahdella eri näytteenottotavalla, uudella ja vanhalla, ja tutkittiin muuttuvatko tarttuvuudet. Myös ajan mahdollista vaikutusta tarttuvuuteen testattiin. Niin ikään henkilövaihtelun vaikutusta tuloksiin tutkittiin.

7 TYÖN SUORITUS

Kaikki töissä tehdyt kokeet suoritettiin Amcor Flexibles Finland Oy:n Kauttuan tehtaan laadunvalvontalaboratoriossa. Testimenetelminä on käytetty kappaleissa 3.3 ja 4.1 esiteltyjä metodeja.

7.1 Kuumasauanlujuus

7.1.1 Työssä käytetyt laitteet

Työssä käytettiin seuraavia laitteita:

- Kuumasauaajat: Sentinel ja Kopp
- Vetokoestuslaite: Zwick Roell

Sentinel-kuumasauaaja on jatkuvalämmitteinen kuumasauauslaite, jossa yläleuka lämpeää.

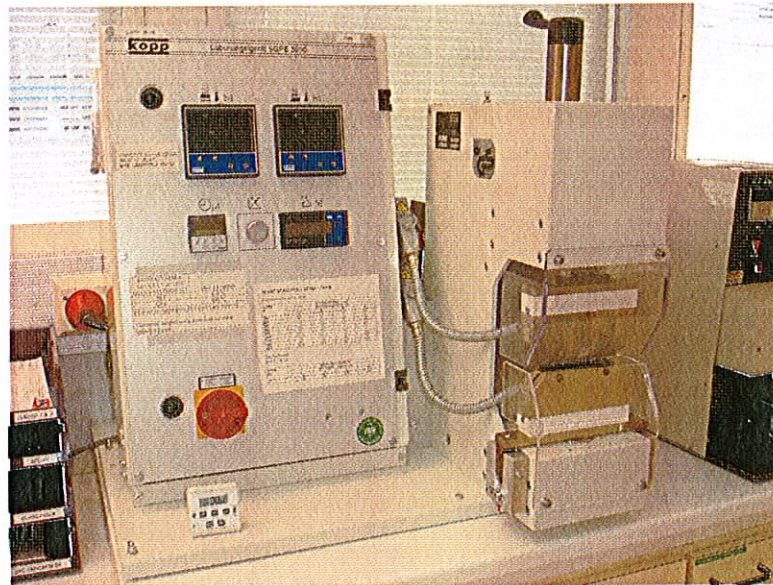
Painetta, aikaa ja lämpötilaa saadaan säädettyä. Laitteessa on kahdeksan erillistä lämpötilayksikköä.



Kuva 1. Sentinel-kuumasauaaja

Kopp-kuumasaumaja on jatkuvalämmitteinen kuumasaumauslaite, jossa sekä yläleuka että alaleuka lämpenevät.

Painetta, aikaa ja lämpötilaa saadaan säädettyä. Kopp-kuumasaumajaan voidaan vaihtaa leuat; saumata voi joko uritetuilla tai sileillä leuoilla.

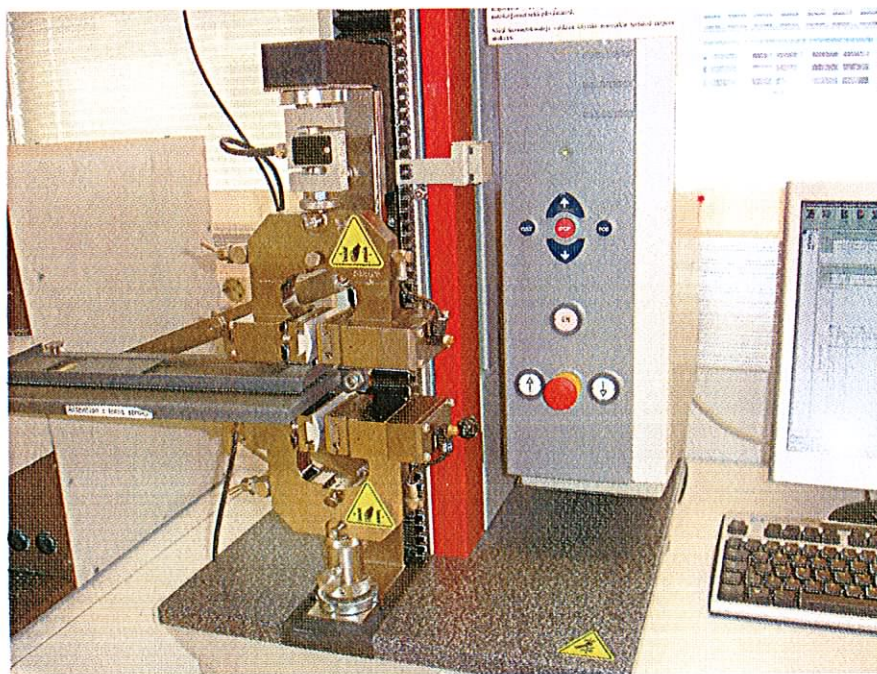


Kuva 2. Kopp-kuumasaumaja

Zwick Roell-vetokoestuslaite

Vetokoestuslaite on kytketty tietokoneeseen, johon piirtyy kuvaaja vetämisen aikana.

Tietokoneesta näkee myös tuloksen suoraan.



Kuva 3. Zwick Roell-vetokoestuslaite

7.1.2 Työn kulku

Työ aloitettiin vertailemalla saumaolosuhteiden vaikutusta kuumasaumanlujuteen. Vertailu tehtiin kahvilaminaateista, joiden rakennenumero oli 107222. Kahvilaminaattien bobinamalleista leikattiin viiden senttimetrin levyisiä näytteitä, joita saumattiin eri lämpötiloissa. Jokaisessa eri saumaolosuhteessa saumattiin 15 näytettä, jotka jäähtymisen jälkeen vedettiin vetokoestuslaitteella. Näytteet olivat kolmesta eri työstä eli yhdestä työstä leikattiin viisi näytettä. Molemmilla laboratoriossa olevalla saumaajalla saumattiin 15 näytettä. Sentinel-kuumasaumaajan pysyvät saumaolosuhteet olivat 0,5 s / 2 bar sekä vaihtuvana olosuhteena oli lämpötila, jotka olivat 200 °C, 180 °C ja 160 °C. Koppkuumasaumaajan pysyvät saumaolosuhteet olivat 0,23 s / 200 N ja vaihtuvana olosuhteena oli lämpötila, jotka olivat samat kuin Sentinelilläkin. Samalla myös vertailtiin kuumasaumaajilla saatuja tuloksia toisiinsa eli eroavatko ne paljon toisistaan. Tulokset liitteissä 1 ja 2.

Lopuksi laadunvalvontalaboratorion vakituisten työntekijöiden avulla mitattiin PEEL-kuumasaumanlujouden epävarmuutta. Puolet työntekijöistä testasi laminaatteja, joiden rakennenumero oli 102550. Loput työntekijät taas testasivat laminaatteja, joiden rakennenumero oli 107222. Rakenteiden erottava tekijä on PE:n paksuus. Näytteitä leikattiin 30 yhtä testaajaa kohti. Näytteet saumattiin ja vedettiin epävarmuusmittausta varten laadittujen tarkkojen ohjeiden avulla. Ohje liitteessä 3. Tulokset ovat liitteissä 4 ja 5.

7.1.3 Laskuesimerkit

Mittaustulosten ylemmän kontrollirajan avulla tarkistettiin, ovatko tulokset hyväksyttäviä. Avuksi käytettiin kaavaa 1.

Molempien rakenteiden ylempi kontrolliraja laskettiin seuraavasti:

$$UCL = R_{avg} * D_4 = 0,43 * 2,58 = 1,11 \quad (1)$$

Toistettavuus eli laitevaihtelu laskettiin kaavan 2 avulla.

$$EV = R_{avg} * K_1 = 0,43 * 3,05 = 1,3115 \quad (2)$$

Uusittavuus eli henkilövaihtelu laskettiin käyttämällä avuksi kaavaa 3.

$$AV = \sqrt{(X_{ero} * K_2)^2 - \left[\frac{(EV)^2}{(n * r)} \right]} = \sqrt{(0,23 * 2,70)^2 - \left[\frac{(1,3115)^2}{(10 * 3)} \right]} = 0,573 \quad (3)$$

Toistettavuus ja uusittavuus (R&R) laskettiin kaavan 4 avulla seuraavasti:

$$R \& R = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2} = \sqrt{(1,3115)^2 + (0,573)^2} = 1,431 \quad (4)$$

Keskihajonnat laitevaihtelulle, henkilövaihtelulle ja R&R:lle laskettiin kaavan 6 avulla. Esimerkkinä on laskettu keskihajonta laitevaihtelulle.

$$\delta_{EV} = \frac{EV}{5,15} = \frac{1,3115}{5,15} = 0,255 \quad (6)$$

Niin ikään suhteelliset virheet laitevaihtelulle, henkilövaihtelulle ja R&R:lle on laskettu kaavan 7 avulla. Esimerkkina on laskettu suhteellinen virhe laitevaihtelulle.

$$\frac{EV}{X_{avg}} = \frac{1,3115}{4,3} = 0,305 \quad (7)$$

Kaikkia edellä mainittuja kaavoja on käytetty molempien rakenteiden laskuissa. Toleranssianalyysi laskettiin ainoastaan rakenteesta 107222, koska rakenteesta 102550 ei ole olemassa toleranssirajoja näissä mittausolosuhteissa.

Toleranssianalyysi laskettiin seuraavasti kaavan 5 avulla. Esimerkkinä on laskettu toleranssianalyysi laitevaihtelulle.

$$EV\% = 100 * \left(\frac{EV}{Toleranssi} \right) = 100 * \left(\frac{0,793}{2} \right) = 39,7\% \quad (5)$$

Mittausten tulokset ja lasketut arvot ovat liitteissä 4 ja 5.

7.2 Teipin tarttuvuustesti

7.2.1 Työssä käytetyt laitteet

Työssä käytettiin seuraavia laitteita:

- Vetokoestuslaite: Lloyd
- Teräslevyt
- 10 kg:n tela
- Sekuntikello

Lloyd-vetokoestuslaite.

Lloyd on hyvin monipuolinen materiaalien testauslaite. Sitä voidaan käyttää erillisenä laitteena tai se voidaan yhdistää etätietokoneeseen. Lloydiin voi tarvittaessa vaihtaa kennoa; käytössä ovat 50 N ja 1000 N kennot.



Kuva 4. Lloyd-vetokoestuslaite

7.2.2 Työssä käytetyt reagenssit

Työssä käytettiin seuraavia reagensseja:

- Asetoni
- 4-hydroksi-4-metyyli-2-pentanoni (diasetonialkoholi)

7.2.3 Työn kulku

Työ aloitettiin tutkimalla, miten työohje eroaa standardista (CEI IEC 454-2), jonka mukaan testi suoritetaan. Mahdolliset poikkeamat kirjattiin ylös ja pyrittiin korjaamaan työohje niin, että poikkeamat standardista lisättiin ohjeeseen jos se oli mahdollista. Tässä opinnäytetyössä oleva työohje on korjattu, standardin mukaisempi ohje.

Seuraavaksi käytiin tutustumassa asiakkaaseen, jolta teipit tulevat AF Kauttuaan testattavaksi. Tutustuttiin heidän näytteenottotapaansa ja keskusteltiin voidaanko näytteenottotapaa muuttaa erilaiseksi. Vanhassa tavassa asiakas itse leikkasi tietyn kokoisia näytteitä, joista testin suorittaja leikkasi tarvittavan kokoiset nauhat. Ongelmana oli, että asiakkaan näytteistä ei saatu leikattua kuin kolme nauhaa kustakin näytteestä, joten virheisiin ei ollut varaa. Uudessa tavassa asiakas lähettäisi koko rullan levyisen näytteen AF Kauttualle, josta testin suorittaja leikkaisi neljä nauhaa molemmista reunoista ja keskeltä. Näin saataisiin tarvittava määrä nauhoja ja näytettä olisi tarpeeksi, jos sattuisi virheitä. Päätettiin testata vaikuttaako näytteenottotapa tuloksiin. Asiakas lähetti kolmesta työstä mallit uudella ja vanhalla näytteenottotavalla, joista kaikista testattiin tarttuvuus ja verrattiin toisiinsa.

Työssä seurattiin myös vaikuttaako aika teipin tarttuvuuteen. Mallin tarttuvuutta testattiin 4, 6 ja 10 päivän päästä sen saapumisesta AF Kauttualle. Samasta mallista testattiin myös, miten erilaisia tuloksia eri henkilöt saavat eli henkilövaihtelua. Malli oli otettu uudella näytteenottotavalla. Yhdestä työstä testattiin myös asiakkaan lähettämän valmiin, nauhaksi leikatun, tuotteen sekä tuotantorullan lopun tarttuvuudet

7.2.4 Laskuesimerkit

Teipin tarttuvuustestin laskuissa käytettiin seuraavia kaavoja:

Keskiarvo

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{N} \quad (8)$$

jossa N on näytteiden lukumäärä.

Keskihajonta

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (9)$$

Suhteellinen keskihajonta

$$\frac{\delta}{\bar{x}} * 100\% \quad (10)$$

Kaikista mitatuista arvoista laskettiin keskiarvot, keskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat kaavojen 8, 9 ja 10 avulla seuraavasti:

Keskiarvo

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + \dots + x_n)}{N} = \frac{(0,559 + 0,515 + \dots + 0,619)}{12} = 0,493 \quad (8)$$

Keskihajonta

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{12} (x_i - 0,559)^2}{12 - 1}} = 0,069 \quad (9)$$

Suhteellinen keskihajonta

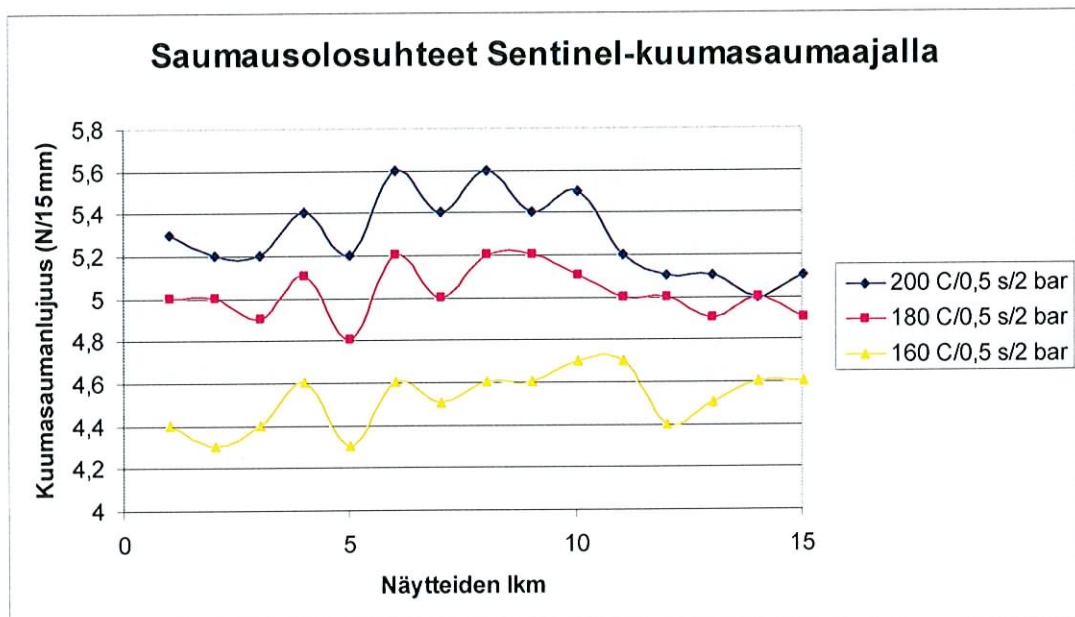
$$\frac{\delta}{\bar{x}} * 100\% = \frac{0,069}{0,493} * 100\% = 14,0\% \quad (10)$$

Mittausten tulokset ja lasketut arvot ovat liitteissä 7, 8, 9 ja 10.

8 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

8.1 PEEL-kuumasaumanlujuus

Vertailtaessa saumaolosuhteiden vaikutusta kuumasaumanlujuuteen Sentinel-kuumasaumaajalla saumattaessa, saatiin liitteen 1 mukaiset tulokset. Kuvioista 1 nähdään, että lämpötilan laskiessa oletettavasti myös kuumasaumanlujuus laskee.

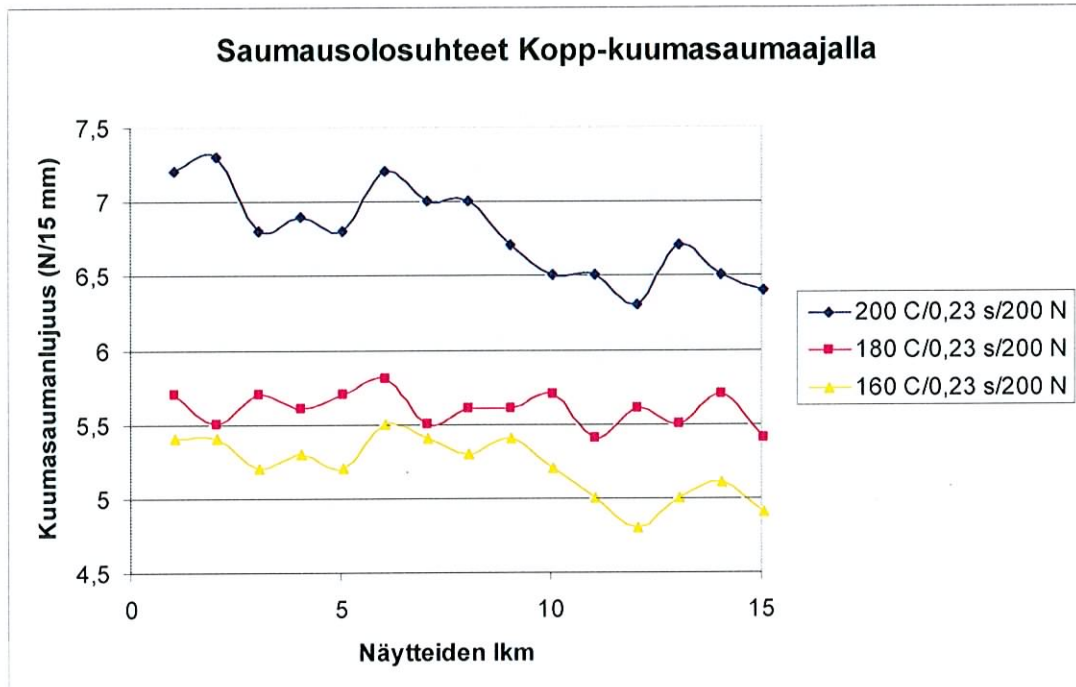


Kuvio 1. Kuumasaumanlujuudet eri saumaolosuhteissa Sentinel-kuumasaumaajalla

Tuloksista huomataan, että 180 °C:een ja 200 °C:een tulokset eivät kovin paljon eroa toisistaan. Keskiarvot pysyvät samoissa lukemissa ja molempien lämpötilojen mittaustulokset ovat tasaisia. 160 °C:een tulokset taas ovat paljon alemmat kuin kahden muun lämpötilan tulokset.

Tutkittavan rakenteen kuumasaumanlujuudet pitää olla välillä 3,5 ja 5,5, joten 200 °C:een tuloksista osa meni ylärajan yli. Tuloksista voidaan päätellä, että saumaustilaa voidaan muuttaa pienemmäksi menemättä silti sallittujen rajojen ulkopuolelle. Alemmilla lämpötiloilla saataisiin jopa parempia tuloksia kuin nykyisellä 200 °C:lla.

Tehtäessä Kopp-kuumasaumajalla samaa vertailua saatiin liitteen 2 mukaiset tulokset. Kuvioista 2 nähdään tarkemmin lämpötilan vaikutus kuumasaumanlujuuteen.



Kuvio 2. Kuumasaumanlujuudet eri saumasolosuhteissa Kopp-kuumasaumajalla.

Tuloksista nähdään, että 200 °C:een tulokset ovat huomattavasti korkeammat kuin 180 °C:een ja 160 °C:een tulokset. Nämä tulokset ovat myös epätasaisemmat kuin muiden lämpötilojen tulokset.

200 °C:een tulokset ovat selvästi yli sallittujen rajojen ja 180 °C:een tuloksetkin ovat ihan ylärajalla tai vähän sen yli. Saumattaessa Kopp-kuumasaumajalla parhaimmat tulokset saataisiin siis varmimmin 160 °C:ssa.

Vertailtaessa kuumasaumajia keskenään, Koppilla saatiin selvästi korkeammat kuumasaumanlujuudet kuin Sentinelillä samoissa saumasolosuhteissa. Koppin 160 °C:een tulokset ovat samaa tasoa kuin Sentinelin 200 °C:een tulokset, joten saumajien välinen ero on noin 40 °C:tta. Haluttaessa Koppilla samanlaisia tuloksia kuin Sentinelillä, paras vaihtoehto on lämpötilan laskeminen. Voiman muuttaminen ei muuta tulosta paljoakaan.

PEEL-kuumasaumanlujuuden epävarmuutta määritettäessä saatiin tulokset, jotka löytyvät liitteistä 4 ja 5.

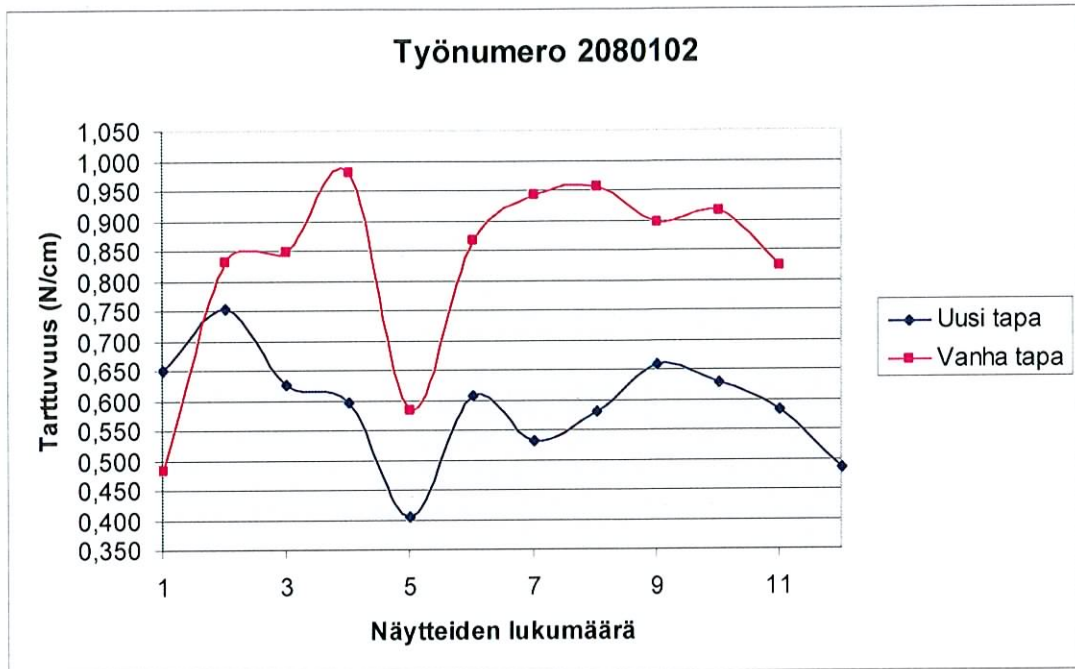
Rakenteen 107222 henkilövaihtelusta aiheutui 21 %:n suhteellinen epävarmuus. Suhteellinen laitevaihtelusta aiheutuva virhe oli 17 % ja kokonaisvaihtelun suhteelliseksi osuudeksi saatiin 27 % keskiarvosta 4,8 N/15mm. Käytettäessä hylkäysrajoista saatavaa toleranssiväliä 2 N/15mm, henkilövaihtelun osuus toleranssista on 50,8 %, laitevaihtelun osuus 39,7 % ja kokonaisvaihtelun osuus on 64,5 % PEEL-kuumasaumanlujuuden mittaukselle. Tässä rakenteessa siis henkilövaihtelu aiheutti suurimman epävarmuuden. Henkilövaihtelua on voinut aiheuttaa muun muassa tulosten kuvaajien tulkitseminen.

Rakenteessa 102550 suhteellinen henkilövaihtelu tuotti tulokseksi 13 % virheen, ja laitevaihtelu 31 % virheen tulosten keskiarvon ollessa 4,3 N/15mm. Kokonaisvaihtelun suhteellinen osuus oli 33 %. Tässä rakenteessa laitevaihtelusta aiheutui selvästi suurempi epävarmuus eli mittausten toistettavuus tällä rakenteella on melko huono.

8.2 Teipin tarttuvuustesti

Asiakkaalta saatiin kolmesta eri työstä vertailtavaksi näytteet uudella ja vanhalla näytteenottotavalla.

Työn 2080102 tuloksista huomataan, että vanhalla tavalla mitatuissa näytteissä tarttuvuus oli parempi kuin uudella tavalla mitatuissa näytteissä (Kuvio 3).



Kuvio 3. Työn 2080102 näytteenottotapojen vaikutukset tarttuvuuteen - tulokset.

Taulukosta 2 nähdään työn 2080102 tuloksista saadut keskiarvot, keskihajonnat ja suhteelliset keskihajonnat kummallekin näytteenottotavalle.

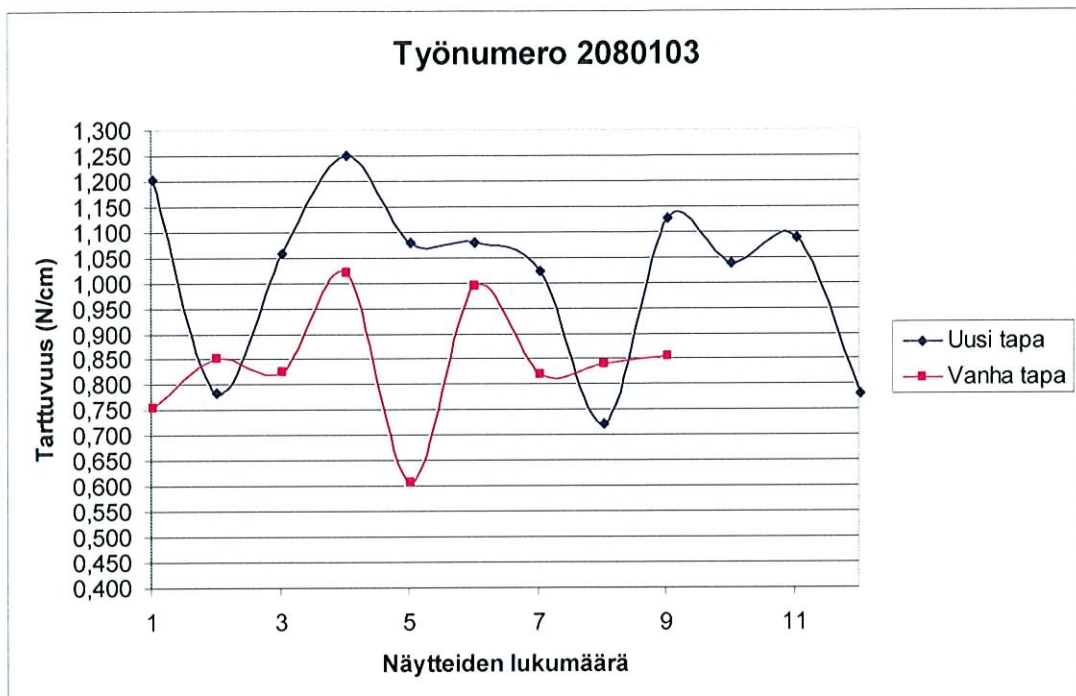
Taulukko 2. Työn 2080102 näytteenottotapojen tulokset vertailussa

Näytteenotto-tapa	Uusi tapa	Vanha tapa
\bar{x} (N/cm)	0,592	0,829
σ	0,089	0,157
Δ (%)	15,0	18,9

Vanhan näytteenottotavan tarttuvuuden tuloksien keskiarvo oli huomattavasti suurempi kuin uuden näytteenottotavan. Toisaalta taas keskihajonta ja suhteellinen keskihajonta olivat vanhalla näytteenottotavalla suurempia, joten uudella näytteenottotavalla tulokset olivat tasaisempia kuin vanhalla näytteenottotavalla.

Tuloksien heittoon vaikutti osaltaan se, että uudella tavalla otettu näyte oli melko rypyyinen, joten sitä ei saatu yhtä hyvin teräslevyihin kiinni kuin vanhalla tavalla otettua näytettä.

Työn 2080103 tarttuvuus uudella näytteenottotavalla oli hieman korkeampi kuin vanhalla tavalla (Kuvio 4).



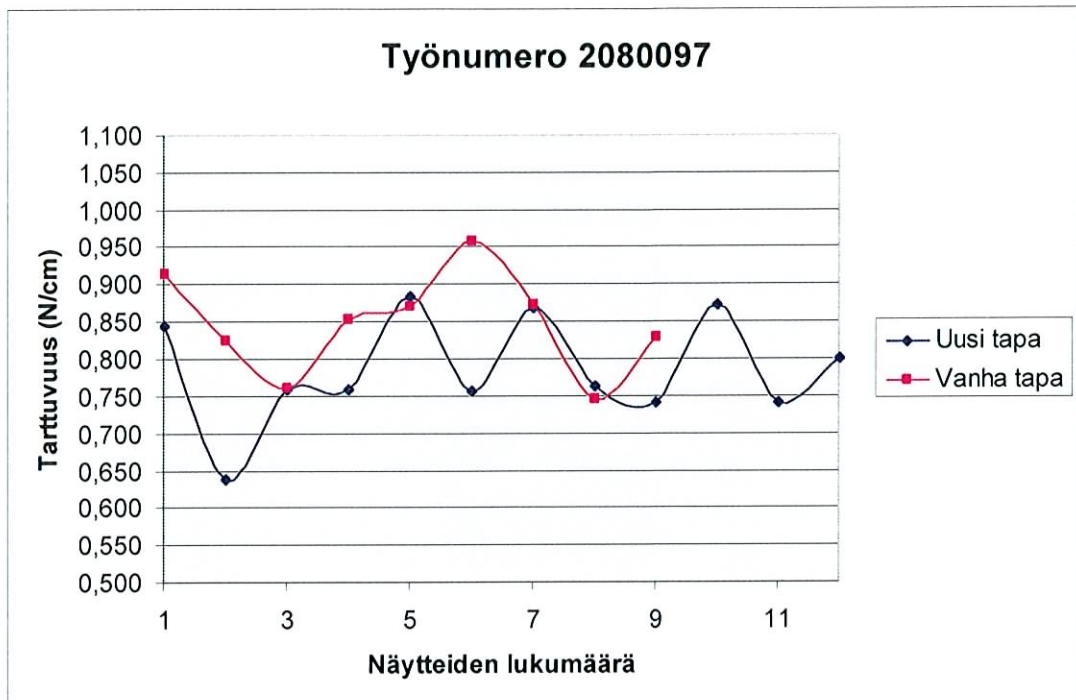
Kuvio 4. Työn 2080103 näytteenottotapojen vaikutus tarttuvuuteen – tulokset.

Tuloksista myös huomataan, että uudella tavalla otetun näytteen tarttuvuuden tuloksien keskiarvo on hieman korkeampi kuin vanhalla tavalla otetun näytteen. Keskihajonta ja suhteellinen keskihajonta taas on uudella näytteenottotavalla suurempia kuin vanhalla (Taulukko 3). Uuden näytteenottotavan tulokset heittelevät enemmän kuin vanhan näytteenottotavan. Tällä kertaa vanhalla tavalla otettu näyte oli ryppysisempi kuin uudella tavalla otettu näyte, joten se vaikutti osaltaan tuloksiin.

Taulukko 3. Työn 2080103 näytteenottotapojen tulokset vertailussa

Näytteenotto tapa	Uusi tapa	Vanha tapa
\bar{x} (N/cm)	1,019	0,840
σ	0,167	0,121
Δ (%)	16,4	14,4

Työn 2080097 tulokset olivat melko tasaiset. Kuvio 5:stakin näkee, että tulokset pyörivät molemmilla näytteenottotavoilla samoissa lukemissa.



Kuvio 5. Työn 2080097 näytteenottotapojen vaikutus tarttuvuuteen – tulokset.

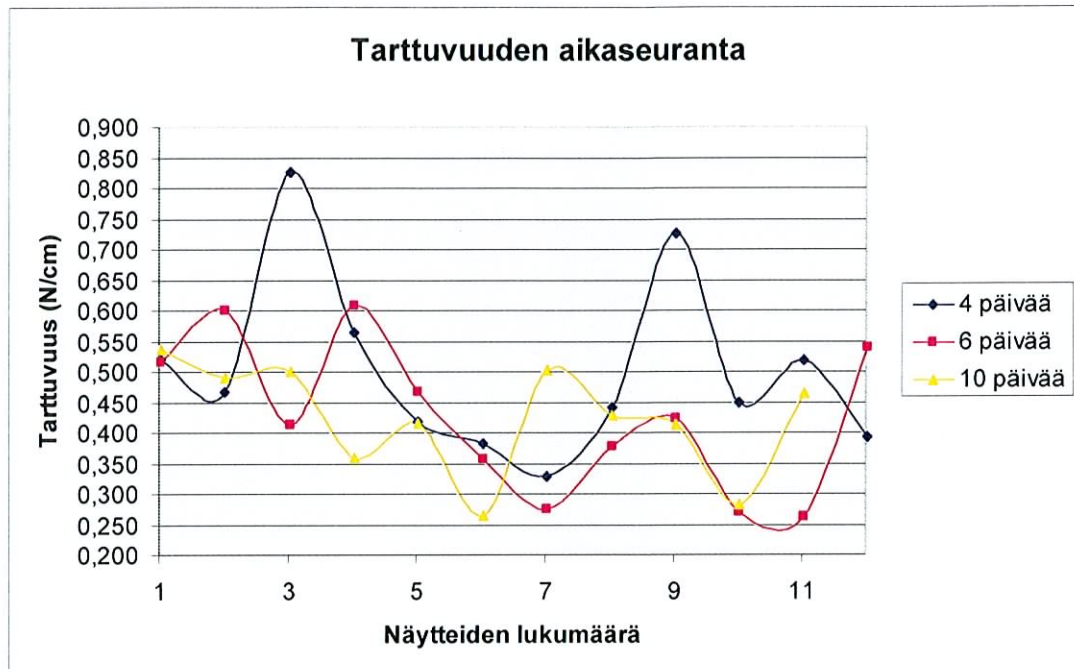
Molemmilla näytteenotto tavoilla myös keskiarvo, keskihajonta ja suhteellinen keskihajonta ovat tasaisia (Taulukko 4). Näissä tuloksissa ei ole huomattavaa eroa.

Taulukko 4. Työn 2080097 näytteenottotapojen tulokset vertailussa

Näytteenotto tapa	Uusi tapa	Vanha tapa
\bar{x} (N/cm)	0,785	0,847
σ	0,071	0,068
Δ (%)	9,1	8,0

Tuloksia tutkittaessa tultiin tulokseen, että näytteenottotapa ei vaikuta huomattavasti tuloksiin. Molemmilla näytteenottotavoilla voi näyte olla ryppyinen, mistä johtui näidenkin töiden tulosten heitot. Uusi näytteenottotapa on parempi meille, koska siitä saa otettua tarvittavat neljä näytettä rinnakkain, kun taas vanhasta saa vain kolme rinnakkaista näytettä. Uusi näytteenottotapa on myös asiakkaalle parempi ja helpompi vaihtoehto, joten sen käyttöönottoa kannattaa harkita.

Aikaseurannassa työstä 2080107 tutkittiin ajan kulumisen vaikutusta teipin tarttuvuuteen. Tarttuvuutta mitattiin neljän, kuuden ja kymmenen päivän päästä mallin tulosta asiakkaalta testattavaksi.



Kuvio 6. Ajan vaikutus teipin tarttuvuuteen.

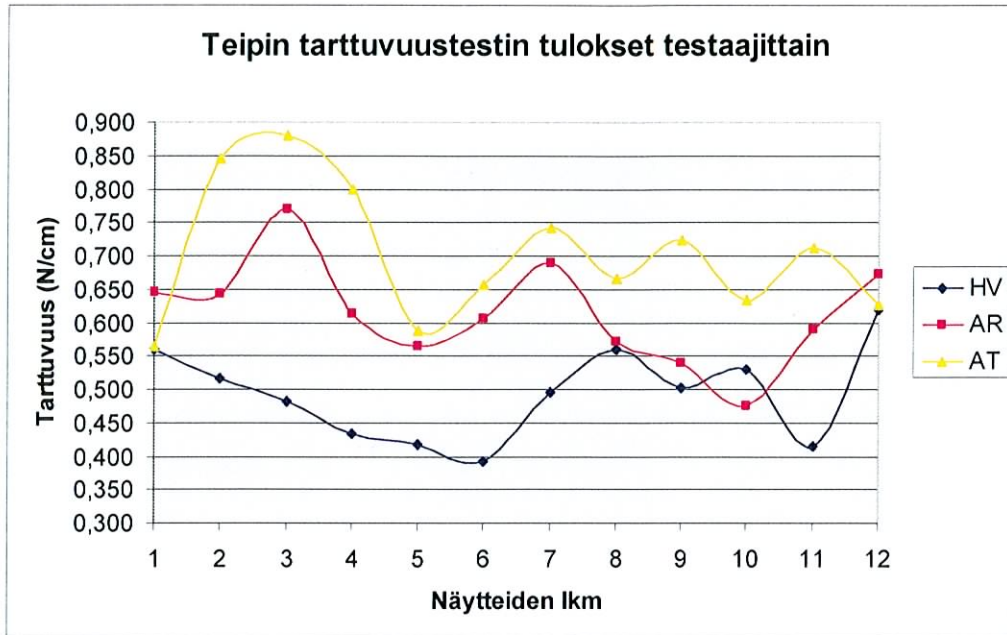
Taulukko 5. Aikaseurannan tulokset vertailussa

Kulunut Aika	4 pv	6 pv	10 pv
\bar{x} (N/cm)	0,503	0,425	0,423
σ	0,145	0,124	0,090
Δ (%)	28,8	29,2	21,3

Tuloksista huomataan, että neljännen ja kuudennen päivän välillä tarttuvuus on hieman laskenut, mutta kuudennen ja kymmenennen päivän välillä ei ole tapahtunut huomattavaa muutosta. Tulosten heitto ei kuitenkaan ole kovinkaan suurta neljästä kymmenenteen päivään, mikä johtunee siitä, että malli oli koko ajan suljetussa pussissa. Pussi avattiin vain näytteiden leikkaamista varten.

Kuitenkin pitää pyrkiä siihen, että malli testataan mahdollisimman pian sen tulosta asiakkaalta testattavaksi.

Henkilövaikutusta testattaessa saatiin kuvion 7 mukaiset tulokset. Tuloksista huomataan, että tasoero tulosten välillä on huomattava. Toisaalta parhaimman tarttuvuuden saaneen henkilön tuloksien keskihajonta on suurempi kuin kahden muun henkilön, kuten taulukosta 5 nähdään.



Kuvio 7. Henkilövaikutus teipin tarttuvuuteen.

Taulukko 6. Henkilövaihtelun tulokset vertailussa.

Henkilö	HV	AT	AR
\bar{x} (N/cm)	0,493	0,703	0,615
σ	0,069	0,101	0,077
Δ (%)	14,0	14,4	12,5

Kaikkiin edellä mainittuihin tarttuvuustestauksiin on voinut osaltaan vaikuttaa se, että näytteen ja teräslevyn väliin on voinut jäädä ilmakuplia, joiden kohdalla näyte on huonommin kiinni. Se vaikuttaa aina tuloksiin negatiivisesti. Malli on voinut myös olla ryppyinen tullessaan asiakkaalta testattavaksi, jolloin siitä ei ole saanut leikattua tarpeeksi sileitä ja hyviä näytteitä.

Työstä 2080097 testattiin myös tuotantorullan lopun ja valmiiksi leikatun tuotteen tarttuvuudet. Tuloksista huomataan, että tarttuvuus ei huonone oikeastaan ollenkaan riippuen siitä, onko tuote tuotantorullan loppu tai valmis asiakkaalle lähetettävä tuote.

Taulukko 7. Valmiin tuotteen ja tuotantorullan lopun tulokset vertailussa

Näyte	Valmiiksi leikattu tuote	Tuotantorullan loppu
\bar{x} (N/cm)	0,856	0,730
σ	0,124	0,071
Δ (%)	14,5	9,7

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

PEEL-kuumasaumanlujuuden saumaustilanteen alentamisessa rakenteelle 107222 ei mielestäni ole mitään estettä. Alemmassa lämpötilassa tulokset jopa pysyivät paremmin spesifikaation vaatimuksien sisällä. Kuumasaumauslaitteita vertailtaessa Kopp-saumaajalla saatiin selvästi korkeampia tuloksia kuin Sentinel-saumaajalla. Tämä pitää ottaa huomioon jos joskus täytyy korvata Sentinel Koppilla.

Mittausepävarmuudessa rakenteella 107222 henkilövaihtelu aiheutti hiukan suuremman epävarmuuden kuin laitevaihtelu. Rakenteelle 102550 selvästi suuremman epävarmuuden aiheutti laitevaihtelu. Tuloksiin voi vaikuttaa näytteen käsittely, kuvaajan tulkitseminen ja materiaalin epätasaisuus.

Teipin tarttuvuudessa henkilöiden välinen ero oli huomattava. Tuloksien heitto voi johtua näytteen ryppyisyydestä tai ilmakuplista, jotka huonontavat tarttuvuutta. Myös jos teippi on jostakin syystä liimattu vinoon levyn päälle, tulokset huononevat. Aikaseurannassa ei teipin tarttuvuus huonontunut paljoakaan, mutta on silti pyrittävä tekemään testi mahdollisimman pian näytteen tulosta. Lopputuotteen ja rullan lopun tarttuvuudet eivät myöskään huonontuneet radikaalisti. Näytteenottotapa ei vaikuttanut merkittävästi tarttuvuuteen, joten uuden tavan voi hyvin ottaa käyttöön.

LÄHTEET

- 1: <http://www.rauma.chamber.fi/suhone/amcor.phtml>
- 2: <http://www.rauma.chamber.fi/suhone/amcor3.phtml>
- 3: Marko Pätsi, Amcor Flexibles Finland-vihkonen
- 4: Hanna Hyörä. 2009. Amcor Flexibles Finland Oy, Kauttua. Testiohjeet. Teipin tarttuvuustesti
- 5: http://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensitive_adhesive
- 6: http://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensitive_tape
- 7: <http://aic.stanford.edu/sg/bpg/annual/v02/bp02-13.html>
- 8: Hanna Hyörä. 2008. Amcor Flexibles Finland Oy, Kauttua. Testiohjeet. 0410-0489 Kuumasaumanlujuus
- 9: Polubutene-1. Versality, value and opportunity-lehtinen. Basell
- 10: Katariina Herrala. 1995. Tutkielma epävarmuudesta, Kauttua

Lämpötilan vaikutus kuumasaumanlujuteen Sentinel - saumajalla saumattaessa.

Saumausolosuhteet: 200 °C / 0,5 s / 2 bar

Rakennenro. 107222			
Työnro.	769623	769397	768295
Tulos 1	5,3	5,6	5,2
Tulos 2	5,2	5,4	5,1
Tulos 3	5,2	5,6	5,1
Tulos 4	5,4	5,4	5,0
Tulos 5	5,2	5,5	5,1
x (N / 15 mm)	5,3	5,5	5,1
R	0,2	0,2	0,2

Saumausolosuhteet: 180 °C / 0,5 s / 2 bar

Rakennenro. 107222			
Työnro.	769623	769397	768295
Tulos 1	5,0	5,2	5,0
Tulos 2	5,0	5,0	5,0
Tulos 3	4,9	5,2	4,9
Tulos 4	5,1	5,2	5,0
Tulos 5	4,8	5,1	4,9
x (N / 15 mm)	5,3	5,1	5,0
R	0,2	0,2	0,1

Saumausolosuhteet: 160 °C / 0,5 s / 2 bar

Rakennenro. 107222			
Työnro.	769623	769397	768295
Tulos 1	4,4	4,6	4,7
Tulos 2	4,3	4,5	4,4
Tulos 3	4,4	4,6	4,5
Tulos 4	4,6	4,6	4,6
Tulos 5	4,3	4,7	4,6
x (N / 15 mm)	4,4	4,6	4,6
R	0,3	0,2	0,3

x = keskiarvo

R = mittautulosten vaihteluväli (suurimman ja pienimmän tuloksen erotus)

Lämpötilan vaikutus kuumasaumanlujuuteen Kopp - saumaajalla saumattaessa.

Saumausolosuhteet: 200 °C / 0,23 s / 200 N

Rakennenro. 107222			
Työnro.	769623	769397	768295
Tulos 1	7,2	7,2	6,5
Tulos 2	7,3	7,0	6,3
Tulos 3	6,8	7,0	6,7
Tulos 4	6,9	6,7	6,5
Tulos 5	6,8	6,5	6,4
x (N / 15 mm)	7,0	6,9	6,5
R	0,5	0,7	0,4

Saumausolosuhteet: 180 °C / 0,23 s / 200 N

Rakennenro. 107222			
Työnro.	769623	769397	768295
Tulos 1	5,7	5,8	5,4
Tulos 2	5,5	5,5	5,6
Tulos 3	5,7	5,6	5,5
Tulos 4	5,6	5,6	5,7
Tulos 5	5,7	5,7	5,4
x (N / 15 mm)	5,6	5,6	5,5
R	0,2	0,3	0,3

Saumausolosuhteet: 160 °C / 0,23 s / 200 N

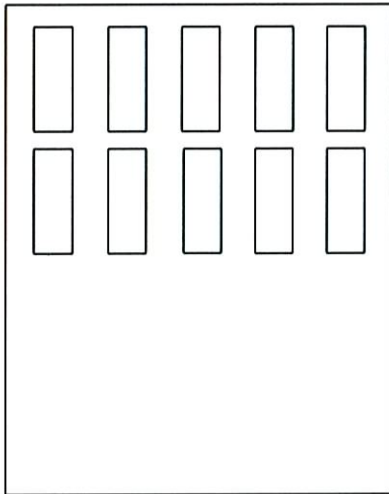
Rakennenro. 107222			
Työnro.	769623	769397	768295
Tulos 1	5,4	5,5	5,0
Tulos 2	5,4	5,4	4,8
Tulos 3	5,2	5,3	5,0
Tulos 4	5,3	5,4	5,1
Tulos 5	5,2	5,2	4,9
x (N / 15 mm)	5,3	5,4	5,0
R	0,2	0,3	0,3

x = keskiarvo

R = mittautulosten vaihteluväli (suurimman ja pienimmän tuloksen erotus)

MITTAUSEPÄVARMUUDEN MÄÄRITYS KUUMASAUMANLUJUUDELLE

Näytteet leikataan siten, että jokainen testaaja leikkaa viisi nauhaa vierekkäin ja kaksi nauhariviä päällekkäin. Eli seuraavasti:



Kuva 1. Kaavio nauhojen leikkaamisesta.

Kolme testaajaa leikkaa nauhat töistä, joiden rakennenumero on 107222 ja vastaavasti kolme testaajaa töistä, joiden rakennenumero on 102550.

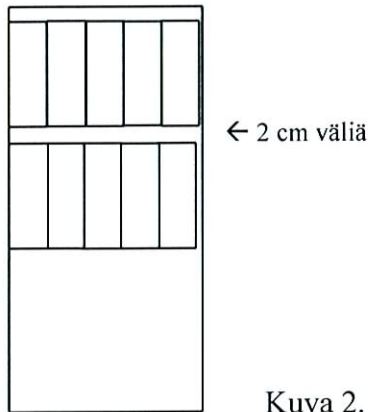
Jokainen testaaja leikkaa kymmenen nauhaa kolmesta eri työstä eli yhteensä 30 nauhaa. Nauhojen koko on 50x250 mm.

On tärkeää, että kaikki testaajat suorittavat testin samalla tavalla. Lue ohjeet hyvin läpi ennen aloittamista.

Testiohjeet:

Rakennumeron 102550 töiden testaajat:

Testaaja leikkaa vierekkäiset nauhat (viisi nauhaa) aivan toistensa vierestä ja päällikkäisten nauhojen väliin jätetään noin 2 cm väliä. Ensimmäisen nauhan leikkaaminen aloitetaan aivan ykkösreunan reunasta. Katso kuva 2. Jokainen testaaja leikkaa 10 nauhaa yhdestä työstä ja jokaisen pitää leikata nauhat kolmesta eri työstä. Eli nauhoja tulee yhteensä 30.



Kuva 2. Kaavio nauhojen leikkaamisesta rakenneno. 102550 töistä.

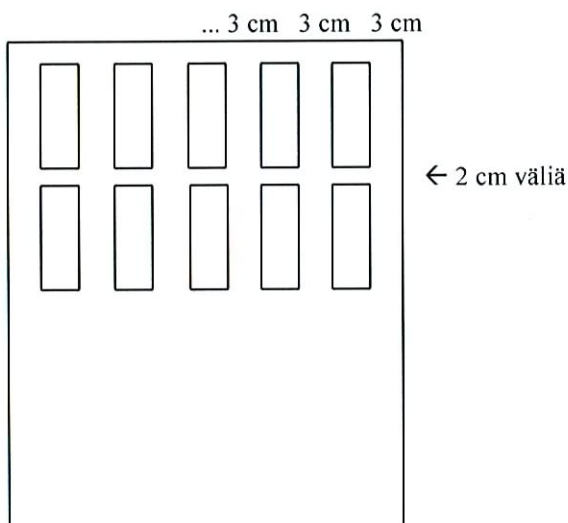
Yksi testaaja (Jaana) leikkaa nauhat töistä, joiden työnumerot ovat 768673, 768908 ja 769294.

Kaksi muuta testaajaa (Leena ja Anne) leikkaavat nauhat töistä, joiden työnumerot ovat 768478, 768209 ja 767851.

Nauhat leikataan painamattomalta puolelta. Painamattomalta puolelta katsottuna, rullan oikea reuna on ykkösreuna. Ensimmäiseen nauhaan merkitään työnumero ja numero 1. Muutkin nauhat numeroidaan (toinen nauha numero 2, kolmas numero 3 jne. aina kymmeneen asti), etteivät ne mene sekaisin keskenään. Riittää, että vain ensimmäiseen nauhaan laitetaan työnumero. Huom. Myöskään eri töiden nauhoja ei saa sekoittaa keskenään.

Rakennenumeron 107222 töiden testaajat:

Testaaja leikkaa vierekkäiset nauhat (viisi nauhaa) niin, että nauhojen väliin jää noin 3 cm väliä. Ensimmäisen nauhan leikkaaminen myös aloitetaan 3 cm:n päästä ykkösreunan reunasta. Päällikkäisten nauhojen väliin jätetään noin 2 cm väliä. Katso kuva 3. Jokainen testaaja leikkaa 10 nauhaa yhdestä työstä ja jokaisen pitää leikata nauhat kolmesta eri työstä. Eli nauhoja tulee yhteensä 30.



Kuva 3. Kaavio näytteiden leikkaamisesta rakenneno. 107222 töistä.

Yksi testaaja (Hilkka) leikkaa nauhat töistä, joiden työnumerot ovat 769623, 769397 ja 768295.

Kaksi muuta testaajaa (Aiju ja Tuula) leikkaavat nauhat töistä, joiden työnumerot ovat 769278, 769103 ja 769314.

Nauhat leikataan painamattomalta puolelta. Painamattomalta puolelta katsottuna, rullan oikea reuna on ykkösreuna. Ensimmäiseen nauhaan merkitään työnumero ja numero 1. Muutkin nauhat numeroidaan (toinen nauha numero 2, kolmas numero 3 jne. aina kymmeneen asti), etteivät ne mene sekaisin keskenään. Riittää, että vain ensimmäiseen nauhaan laitetaan työnumero. Huom. Myöskään eri töiden nauhoja ei saa sekoittaa keskenään.

Kaikki testaajat:

Nauhojen leikkaamisen jälkeen nauhat saumataan 160 °C/0,5 s/2 bar (tarkista aika) olosuhteissa. Ennen saumausta alaleukaa lämmitetään 5 s ennen jokaisen nauhan saumausta. Nauhojen täytyy antaa jäähtyä ennen niiden vetämistä. Ennen vetämistä saumaa myös avetaan hieman niin, että se on suora.

Nauha vedetään siten, että saumatun ”hännän” ja leuoissa kiinni olevien liuskojen välinen kulma on 90 astetta. Yläleuan kiinnityksen jälkeen nollataan voima F2:lla, jonka jälkeen alaleuka kiinnitetään.

Tulokseksi saadaan yleensä tasainen kuvaaja, josta tulokseksi otetaan laitteen ilmoittama keskiarvo.

Tulokset kirjataan oheiseen taulukkoon.

MITTAUSJÄRJESTELMÄN EPÄVARMUUDEN MÄÄRITYS

Rakenteelle 120550

Mittaaja	A : JP				B : LH				C : AO			
	I	II	III	R	I	II	III	R	I	II	III	R
Näyte #												
1	4,0	3,8	4,1	0,3	4,4	4,5	4,1	0,4	4,1	4,0	4,2	0,2
2	3,8	4,4	4,2	0,6	4,5	4,2	4,2	0,3	3,8	4,3	4,5	0,7
3	4,1	4,0	4,1	0,1	4,6	4,4	4,0	0,6	4,5	4,2	4,2	0,3
4	4,2	4,1	4,1	0,1	4,9	4,3	4,3	0,6	4,8	4,3	4,1	0,7
5	4,3	4,0	4,0	0,3	4,8	4,2	4,1	0,7	4,8	4,2	4,3	0,6
6	4,0	4,1	4,3	0,3	4,4	4,5	4,2	0,3	4,4	4,5	4,4	0,1
7	4,3	4,3	4,2	0,1	4,6	4,3	4,2	0,4	4,5	4,3	4,4	0,2
8	4,2	4,3	4,1	0,2	4,7	4,3	4,2	0,5	4,6	4,5	4,3	0,3
9	4,2	4,0	4,4	0,4	4,8	4,2	4,0	0,8	4,8	4,5	4,1	0,7
10	4,4	4,0	4,5	0,5	5,0	4,5	4,1	0,9	5,0	4,3	4,2	0,8
	41,5	41,0	42,0	R_A = 0,29	46,7	43,4	41,4	R_B = 0,55	45,3	43,1	42,7	R_C = 0,46
	Sum_A =	124,5			Sum_B =	131,5			Sum_C =	131,1		
	X_A =	4,15			X_B =	4,38			X_C =	4,37		

R_A	0,29
R_B	0,55
R_C	0,46
Sum	1,30
R_{avg}	0,43

X_A	4,15
X_B	4,38
X_C	4,37
Sum	12,9
X_{avg}	4,3

Max X_x	4,38
Min X_x	4,15
X_{Ero}	0,23

UCL	1,11
------------	------

Tulokset rakenteelle 102550

Tiedot Mittauspöytäkirjasta : $R_{avg} = 0,43$ $X_{ERO} = 0,23$

TULOKSET:

Toistokkyky (mittalaitteen virhe) (EV)

$$EV = R_{avg} * K_1 = 0,43 * 3,05 = 1,3115$$

Toistettavuus - kertavirhe (AV)

$$AV = \sqrt{\frac{(X_{ERO})^2 * (K_2)^2 + (EV)^2}{n * r}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,0544 * 7,290 + \frac{1,720^2}{30}}{30}} = \sqrt{0,3396} = 0,5827$$

Toistokkyky ja Toistettavuus (R&R)

$$R\&R = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

$$= \sqrt{1,720^2 + 0,3396} = \sqrt{2,0596} = 1,4351$$

Vakiot:

Kertoja	2	3
K ₁	4,56	3,05

Mittaja	2	3
K ₂	3,65	2,70

Keskihajonnat

$$\sigma_{EV} = \frac{EV}{5,15} = \frac{1,3115}{5,15} = 0,255$$

$$\sigma_{AV} = \frac{AV}{5,15} = \frac{0,5827}{5,15} = 0,113$$

$$\sigma_{R\&R} = \frac{R\&R}{5,15} = \frac{1,4351}{5,15} = 0,279$$

Suhteelliset virheet

$$EV: \frac{EV}{X_{avg}} = \frac{1,3115}{4,3} = 0,305$$

$$AV: \frac{AV}{X_{avg}} = \frac{0,5827}{4,3} = 0,136$$

$$R\&R: \frac{R\&R}{X_{avg}} = \frac{1,4351}{4,3} = 0,334$$

MITTAUSJÄRJESTELMÄN EPÄVARMUUDEN MÄÄRITYS

Rakenteelle 107222

Mittaaja	A : AR				B : TS				C : HV			
	I	II	III	Ero	I	II	III	Ero	I	II	III	Ero
Näyte #												
1	4,7	4,9	5,0	0,3	4,3	4,2	4,5	0,3	4,7	4,3	4,5	0,4
2	4,8	5,0	5,2	0,4	4,6	4,7	4,8	0,2	4,6	4,4	4,5	0,2
3	4,9	5,0	5,2	0,3	4,8	4,7	4,9	0,2	4,3	4,6	4,6	0,3
4	4,9	5,0	5,0	0,1	5,0	4,6	4,8	0,4	4,5	4,6	4,6	0,1
5	5,2	5,1	5,0	0,2	4,7	4,9	4,7	0,2	4,6	4,4	4,6	0,2
6	4,8	4,9	5,2	0,4	4,8	4,6	4,9	0,3	4,6	4,9	4,8	0,3
7	4,9	5,0	5,1	0,2	4,9	4,7	5,0	0,3	4,7	4,6	4,8	0,2
8	4,8	4,9	5,0	0,2	5,1	4,9	5,1	0,2	4,6	4,7	4,7	0,1
9	5,1	5,0	4,9	0,2	5,0	4,9	5,1	0,2	4,8	4,5	4,7	0,3
10	5,4	4,9	4,8	0,6	5,1	4,9	4,9	0,2	4,6	4,6	4,8	0,2
	49,5	49,7	50,4	R_A = 0,29	48,3	47,1	48,7	R_B = 0,25	46,0	45,6	46,6	R_C = 0,24
	Sum_A =	149,6			Sum_B =	144,1			Sum_C =	138,3		
	X_A =	4,99			X_B =	4,80			X_C =	4,61		

R_A	0,29
R_B	0,25
R_C	0,24
Sum	0,78
R_{avg}	0,26

X_A	4,99
X_B	4,80
X_C	4,61
Sum	14,4
X_{avg}	4,8

Max X_x	4,99
Min X_x	4,61
X_{Ero}	0,38

UCL	0,67
------------	------

Tulokset rakenteelle 107222

Tiedot Mittauspöytäkirjasta : R = 0,26 X_{ERO} = 0,38

TULOKSET:

Toistokkyky (mittalaitteen virhe) (EV)

$$EV = R * K_1 = 0,26 * 3,05 = 0,793$$

Toleranssi analyysi (%)

$$EV \% = 100 * [(EV) / (Toleranssi)] = 100 * [(0,793) / (2,0)] = 39,7 \%$$

Toistettavuus - kertavirhe (AV)

$$AV = \sqrt{\frac{(X_{ERO})^2 * (K_2)^2 + (EV)^2}{n * t}} = \sqrt{\frac{0,144 * 7,290 + 0,629^2}{30}} = \sqrt{1,0317} = 1,0157$$

n = näytteiden lukumäärä
t = mittauskertojen määrä

$$AV \% = 100 * [(AV) / (Toleranssi)] = 100 * [(1,0157) / (2,0)] = 50,8 \%$$

Toistokkyky ja Toistettavuus (R&R)

$$R\&R = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2} = \sqrt{0,629^2 + 1,0317^2} = \sqrt{1,6606} = 1,2886$$

$$R\&R \% = \sqrt{(EV \%)^2 + (AV \%)^2} = \sqrt{(39,7)^2 + (50,8)^2} = \sqrt{4156,73} = 64,5 \%$$

Vakiot:

Kertoja	2	3
K ₁	4,56	3,05

Mittajia	2	3
K ₂	3,65	2,70

Keskihajonnat

$$\sigma_{EV} = \frac{EV}{5,15} = \frac{0,793}{5,15} = 0,154$$

$$\sigma_{AV} = \frac{AV}{5,15} = \frac{1,0157}{5,15} = 0,197$$

$$\sigma_{R\&R} = \frac{R\&R}{5,15} = \frac{1,2886}{5,15} = 0,25$$

Suhteelliset virheet

$$EV: \frac{EV}{X_{avg}} = \frac{0,793}{4,8} = 0,165$$

$$AV: \frac{AV}{X_{avg}} = \frac{1,0157}{4,8} = 0,212$$

$$R\&R: \frac{R\&R}{X_{avg}} = \frac{1,2886}{4,8} = 0,268$$

Vakion D arvoja

Osiin lkm	Hlöjen määrä			
	2	3	4	5
1	1,41	1,91	2,24	2,48
2	1,28	1,81	2,15	2,40
3	1,23	1,77	2,12	2,38
4	1,21	1,75	2,11	2,37
5	1,19	1,74	2,10	2,36
6	1,18	1,73	1,09	2,35
7	1,17	1,73	2,09	2,35
8	1,17	1,72	2,08	2,35
9	1,16	1,72	2,08	2,34
10	1,16	1,72	2,08	2,34

Teipin tarttuvuustestin näytteenotto tavan vertailu

Työnro. 2080097

Näytteenotto tapa	Uusi tapa	Vanha tapa
x (N/cm)	0,785	0,847
σ	0,071	0,068
Δ (%)	9,1	8,0
Tulos 1	0,844	0,913
Tulos 2	0,637	0,823
Tulos 3	0,759	0,76
Tulos 4	0,759	0,853
Tulos 5	0,883	0,87
Tulos 6	0,757	0,958
Tulos 7	0,867	0,873
Tulos 8	0,763	0,746
Tulos 9	0,740	0,828
Tulos 10	0,872	
Tulos 11	0,741	
Tulos 12	0,801	

Työnro. 2080102

Näytteenotto tapa	Uusi tapa	Vanha tapa
x (N/cm)	0,592	0,829
σ	0,089	0,157
Δ (%)	15,0	18,9
Tulos 1	0,650	0,482
Tulos 2	0,754	0,830
Tulos 3	0,625	0,848
Tulos 4	0,595	0,980
Tulos 5	0,405	0,583
Tulos 6	0,608	0,865
Tulos 7	0,532	0,941
Tulos 8	0,579	0,956
Tulos 9	0,659	0,896
Tulos 10	0,629	0,914
Tulos 11	0,583	0,824
Tulos 12	0,486	

x = keskiarvo

 σ = keskihajonta Δ = suhteellinen keskihajonta

Teipin tarttuvuustestin näytteenotto tavan vertailu

Työnro. 2080103

Näytteenotto tapa	Uusi tapa	Vanha tapa
x (N/cm)	1,019	0,840
σ	0,167	0,121
Δ (%)	16,4	14,4
Tulos 1	1,202	0,755
Tulos 2	0,785	0,851
Tulos 3	1,058	0,826
Tulos 4	1,249	1,019
Tulos 5	1,080	0,608
Tulos 6	1,078	0,994
Tulos 7	1,024	0,818
Tulos 8	0,721	0,839
Tulos 9	1,125	0,853
Tulos 10	1,037	
Tulos 11	1,087	
Tulos 12	0,780	

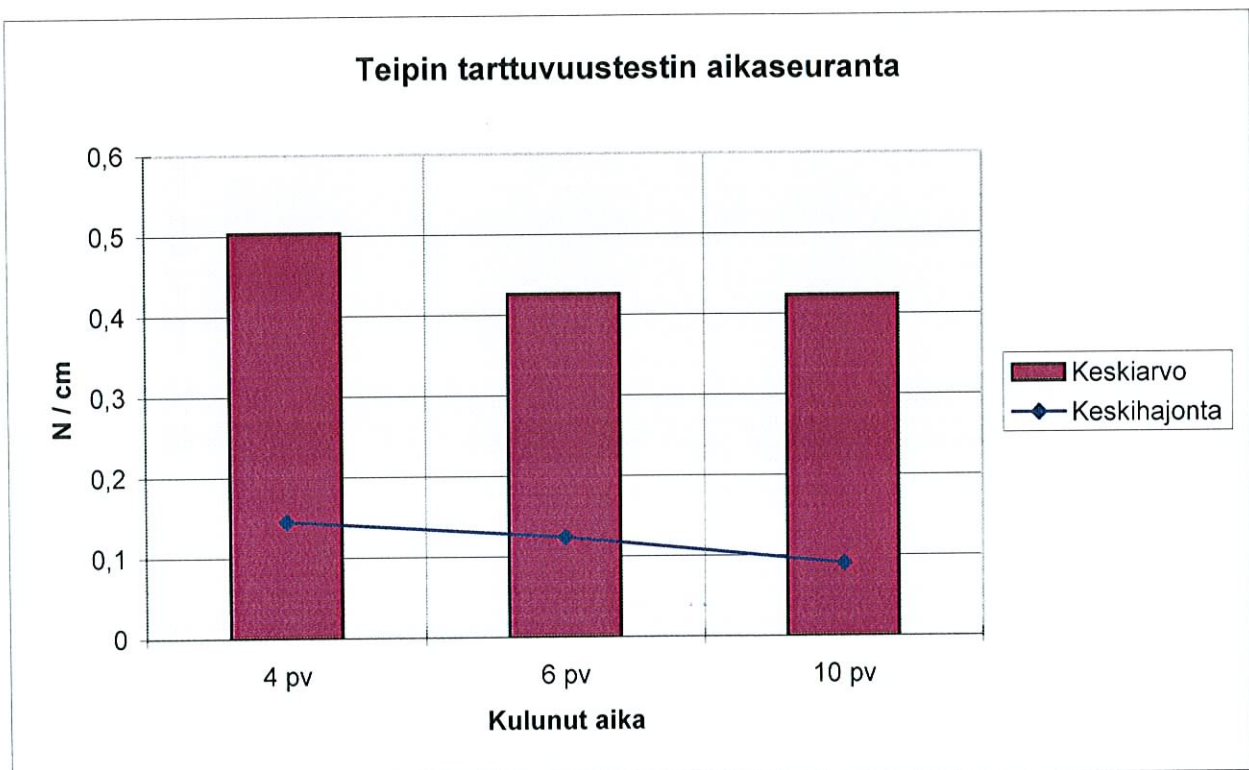
x = keskiarvo

 σ = keskihajonta Δ = suhteellinen keskihajonta

Teipin tarttuvuustestin aikaseuranta

Kulunut Aika	4 pv	6 pv	10 pv
\bar{x} (N/cm)	0,503	0,425	0,423
σ	0,145	0,124	0,090
Δ (%)	28,8	29,2	21,3
Tulos 1	0,521	0,516	0,537
Tulos 2	0,467	0,601	0,490
Tulos 3	0,825	0,412	0,500
Tulos 4	0,564	0,607	0,359
Tulos 5	0,418	0,467	0,416
Tulos 6	0,382	0,356	0,264
Tulos 7	0,329	0,275	0,503
Tulos 8	0,440	0,377	0,428
Tulos 9	0,726	0,423	0,414
Tulos 10	0,450	0,269	0,283
Tulos 11	0,517	0,261	0,463
Tulos 12	0,393	0,539	

\bar{x} = keskiarvo
 σ = keskihajonta
 Δ = suhteellinen keskihajonta



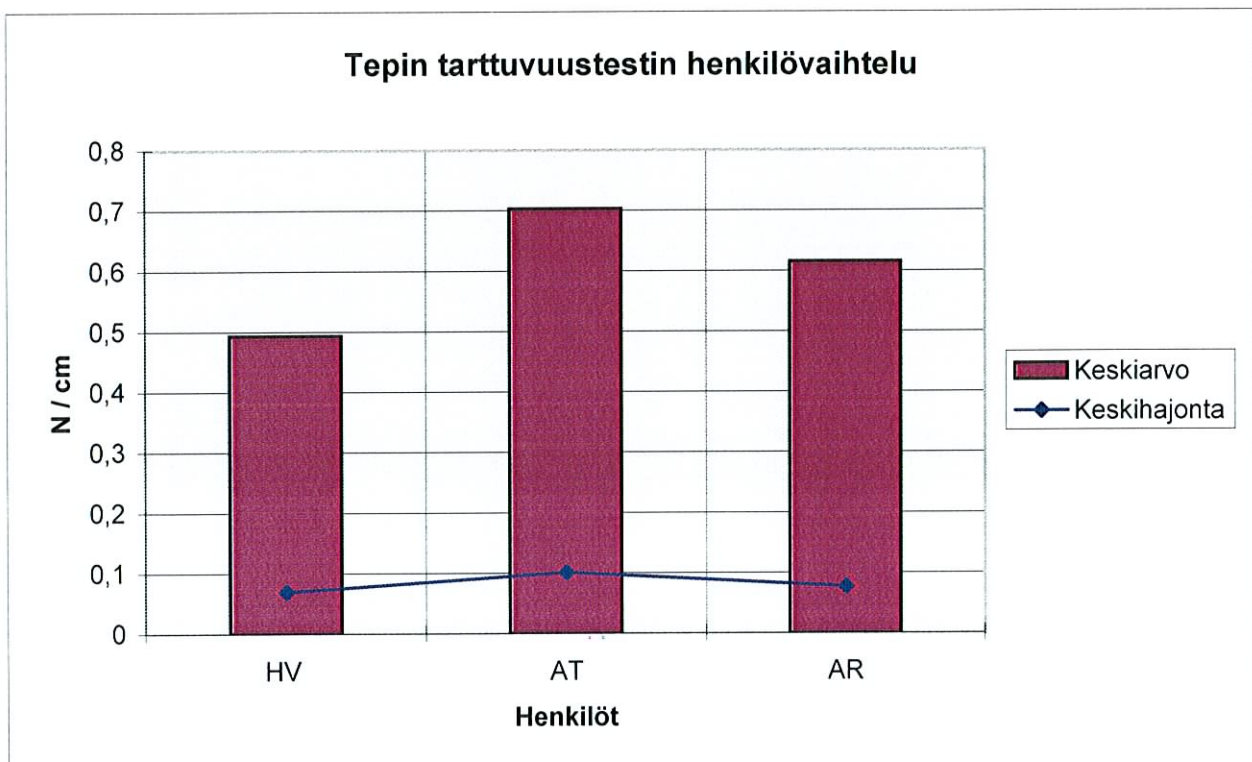
Teipin tarttuvuustestin henkilövaihtelu

Henkilö	HV	AT	AR
x (N/cm)	0,493	0,703	0,615
σ	0,069	0,101	0,077
Δ (%)	14,0	14,4	12,5
Tulos 1	0,559	0,564	0,644
Tulos 2	0,515	0,845	0,642
Tulos 3	0,482	0,799	0,770
Tulos 4	0,433	0,588	0,613
Tulos 5	0,418	0,656	0,565
Tulos 6	0,392	0,741	0,606
Tulos 7	0,496	0,665	0,688
Tulos 8	0,559	0,722	0,572
Tulos 9	0,502	0,634	0,540
Tulos 10	0,530	0,711	0,474
Tulos 11	0,415	0,626	0,589
Tulos 12	0,619	0,880	0,672

x = keskiarvo

σ = keskihajonta

Δ = suhteellinen keskihajonta



Teipin tarttuvuustestin vertailu

Työnro. 2080097

Näyte	Valmiiksi leikattu tuote	Tuotantorullan loppu
x (N/cm)	0,856	0,730
σ	0,124	0,071
Δ (%)	14,5	9,7
Tulos 1	0,765	0,792
Tulos 2	0,798	0,759
Tulos 3	0,82	0,786
Tulos 4	1,039	0,819
Tulos 5		0,755
Tulos 6		0,665
Tulos 7		0,742
Tulos 8		0,647
Tulos 9		0,602
Tulos 10		0,793
Tulos 11		0,647
Tulos 12		0,751

x = keskiarvo

 σ = keskihajonta Δ = suhteellinen keskihajonta