

Joonas Vikström

**SILIKONITIIVISTETUOTANNON JATKOJALOSTUKSEN
KEHITTÄMINEN**

SILIKONITIIVISTETUOTANNON JATKOJALOSTUKSEN KEHITTÄMINEN

Joonas Vikström
Opinnäytetyö
Kevät 2018
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Joonas Vikström
Opinnäytetyön nimi: Silikonitiivistetuotannon jatkojalostuksen kehittäminen
Työn ohjaaja: Eero Korhonen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2018
Sivumäärä: 27 + 0 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin FP Finnprofiles Oy:n li:n tehtaalle, jossa valmistetaan sili-konitiivisteitä. Työssä keskityttiin tuotteisiin, joihin teipataan liimapinta tuotteen asentamista varten. Opinnäytetyössä kartoitettiin mahdollisuudet silikonitiivistei-den teippauksen tuotantomenetelmän muutokselle ja mahdollisen uuden mene-telmän tarpeet nykyisessä tuotantosolussa. Työssä tutkittiin uusia menetelmiä silikonitiivisteiden käsittelyssä, jotta tuotantoa saataisiin nopeutettua, vakautettua ja tuotannossa päästäisiin eroon lisäliiman ja liuottimien käytöstä. Tärkeä osa työtä oli tutustua nykyiseen tuotantosoluun, kartoittaa ongelmat ja esittää paran-nusehdotuksia uuden tuotantomenetelmän kanssa.

Opinnäytetyö jaettiin neljään etappipisteeseen. Tuotantosoluun tutustumisessa ja nykytilatutkimuksessa käytiin läpi tuotantosolun vaatimukset ja toiminta. Me-netelmä tutkimuksessa tutkittiin vaihtoehdot plasma, korona ja lisäliiman käsitte-lyn parantaminen. Uuden menetelmän testausvaiheessa tehtiin laboratorio-, lai-tevalmistaja- ja tuotantotestaus. Tuotantosolun kehityksessä tutkittiin ja suositel-tiin muutokset tuotantosolulle uuden tuotantomenetelmän käyttöönottoon.

Opinnäytetyössä päädyttiin suosittelemaan uutta tuotantomenetelmää, joka tes-tattiin eri materiaaleilla ja kaikki testit läpäisivät vetotestit yrityksen sisäisen standardin mukaisesti. Opinnäytetyön tarkemmat tulokset ovat yrityssalaisuuksia.

Asiasanat: plasma, silikoni, teippaus, menetelmäkehitys

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Engineering, Production Technology

Author: Joonas Vikström
Title of thesis: Silicone gasket production process development
Supervisor: Eero Korhonen
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2018
Pages: 27 + 0 appendices

The thesis was made for FP Finnprofiles Oy's Ii factory, which produces silicone gaskets. The focus of the thesis was on the products to which an adhesive surface was applied for the installation of the product. The thesis explored the possibilities for development of the production method in taping adhesive tape to silicon gaskets and the needs of a possible new method in the current production cell. New methods were studied in the treatment of the silicone gaskets to accelerate and stabilize production and avoid the use of additional adhesives and solvents. An important part of the job was to get to know the current production cell, map out the problems and propose improvements with the new production method.

The thesis was divided into four milestones. Getting to know the production cell and the current state, where study examined the requirements and the function of the production cell. In the methodology study, where alternatives to plasma, corona and the handling of additive glue were studied. Testing of the new methods, where laboratory, equipment manufacturer and production testing were carried out. Development of the production cell, where tests were examined and changes to the production cell were recommended to accommodate introduction of a new production method.

In the thesis, it was decided to recommend a new production method that was tested with different materials and all the tests passed the pull tests in accordance with the company's internal standard. The more accurate results of the thesis are business secrets.

Keywords: plasma, silicone, taping, process development

ALKULAUSE

Haluan kiittää FP Finnprofiles Oy:tä opinnäytetyöaiheesta ja koko lin tehtaan henkilökuntaa mahtavasta työympäristöstä. Eritoten haluan kiittää tuotantopäällikkö Tero Lähetkangasta ja tehdaspäällikkö Pentti Väänästä projektin tukemisesta ja ammattitaitoisesta ohjauksesta.

Kiitos Oulun ammattikorkeakoulun yliopettaja Eero Korhoselle opinnäytetyön ohjauksesta ja PrinLabin henkilökunnalle laitteistokoulutuksen, tutkimusmateriaalin ja plasmalaitteiston tarjoamisesta.

Erityinen kiitos perheelleni tuesta koko koulutuksen ajalta ja varsinkin opinnäytetyön aikana.

Oulussa 29.5.2018

Joonas Vikström

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn rajaus ja tavoitteet	7
1.2 FP Finnprofiles Oy	8
2 SILIKONITIIVISTEEN VALMISTUS	9
2.1 Pursotus	9
2.2 Teippaus	9
3 PLASMAKÄSITTELY	10
3.1 Alipaineplasma	11
3.2 Normaalipaineplasma	12
3.3 Korona	14
4 POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)	16
5 MENETELMÄKEHITYS	18
5.1 Opinnäytetyöprojektin eteneminen	18
5.1.1 Tuotantosolun nykytilatutkimus	18
5.1.2 Menetelmätutkimus	19
5.1.3 Testaus	20
5.2 Tulosten arviointi	24
6 YHTEENVETO	25
LÄHTEET	26

1 JOHDANTO

1.1 Työn rajaus ja tavoitteet

Opinnäytetyössä kartoitetaan mahdollisuudet silikonitiivistetuotannon jatkokäsittelyprosessin ja tuotantosolun kehittämiseen. Työssä tutkitaan ja luodaan tuotantoprosessista ja valmistussolusta konsepti, jolla silikonitiivisteeseen voidaan asentaa teippipinta ilman, että tiivisteeseen ja teipin lisäksi prosessissa käytettäisiin muita tuotteita. Tärkeä osa työtä on, että tuotannon laatu pysyy tasaisena eikä tuotteiden raaka-ainevalinnoissa tarvitse ottaa huomioon jälkikäsittelymenetelmän tai valmistussolun soveltuvuutta. Konseptin tavoitteena on kehittää, vakauttaa, nopeuttaa ja yksinkertaistaa FP Finnprofiles Oy:n tuotantoa lin tehtaalla. Konseptin tulee olla joustavasti siirrettävissä myös Sastamalan tehtaalle. Opinnäytetyön tilaajana toimii FP Finnprofiles Oy:n lin tehdas. Konseptin tulee olla joustava monille eri silikoniseoksille ja profiilimuodoille, jolloin tuotteen suunnittelussa seosvalinnat, teippi tai muotoilu eivät vaikuttaisi tuotteen käsiteltävyyteen tai tasalaatuisuuteen.

Opinnäytetyön tuloksia on mahdollista käyttää teippausmenetelmien tutkimiseen ja kehittämiseen myös Sastamalan tehtaalla. Opinnäytetyössä käydään läpi konseptin toimivuus vain silikonituotteille, mutta työ on hyvä pohja tutkimukselle myös muovi- ja kumituotteille. Teoriaosiossa käydään läpi kaksi mahdollista käsittelytyyppiä, joista pystyy tutkimaan mahdollisuuksia muille materiaaleille kuin pelkästään silikonille.

Opinnäytetyön aihe määriteltiin toimeksiantajan tavoitteiden perusteella. Opinnäytteessä esitellään silikonitiivistetuotteet raaka-aineesta valmiiksi tuotteeksi, käsittelyprosesseja ja testausmenetelmät. Yrityssalaisuuksien takia opinnäytetyöstä on jätetty pois testitulokset ja yksityiskohtaiset tiedot käsittelyprosesseista. Kustannusarviointi, laitteiston hankinta ja prosessin implementointi on rajattu tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

1.2 FP Finnprofiles Oy

FP Finnprofiles Oy on jo kohta 30 vuotta alalla toiminut kumi-, silikon- ja TPE-tiivisteiden valmistaja. Yritys toimii Sastamalassa ja lissä. Tehtailla on yhteensä 55 työntekijää. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2017 noin 10 miljoonaa euroa. (1, linkit Menu -> Meidän tarinamme.)

FP Finnprofiles Oy suunnittelee tuotteet yhdessä asiakkaan kanssa, jolloin heidän tiivistys- ja eristysnäkökulmat tulevat selville ja yritys voi auttaa asiakasta tekemään oikeat materiaalivalinnat. Asiakasprojekteissa ja tuotteissa tärkeintä on, että tuotteet ovat sopivia, kustannustehokkaita ja laadukkaita. (1, linkit Menu -> Näin toimimme.)

2 SILIKONITIIVISTEEN VALMISTUS

Silikonikumi lasketaan synteettiseksi polymeeriksi, jolla on erityinen molekyyli rakenne. Silikonikumin rakenteen selkärankana ovat silikoni ja happiatomit. Molekyyli rakenteen sidokset ovat saman kaltaisia verrattuna kvartsiin. Vahvojen sidosten takia silikoneilla on ylivoimainen lämmönkesto verrattuna muihin elastomeereihin. Silikonilla on kaksi suosittua katalyyttisysteemiä, joita käytetään sitomaan silikonipolymeerejä, platina ja peroksidi. (2, s. 1.)

2.1 Pursotus

Silikoniprofiilin ja muiden tuotteiden valmistamiseen on useita vaihtoehtoja, kuten muottivalu ja pursotus (2, s. 4). Tässä opinnäytetyössä käydään läpi pursotus.

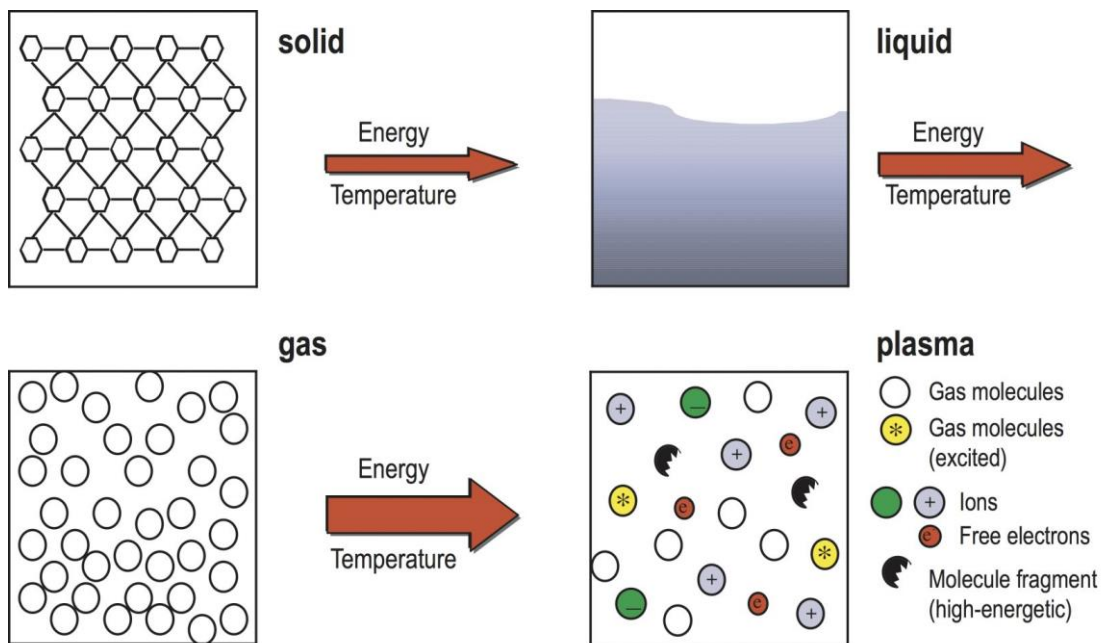
Pursotuksella voidaan tehdä suuret määrät erilaisia putkia ja jatkuvia profiileja. Pursotusprosessi alkaa sekoittamalla silikoni ja lisäaineet keskenään. Lisäaineina yleensä katalyytti ja silloite (eng. Crosslinker). Sekoituksen jälkeen saadaan homogeeninen silikonipalkki. Silikonipalkki syötetään automaattisesti tai käsin pursotuskoneeseen. Pursotuskoneessa ruuvi vetää silikonipalkin koneeseen ja työntää tasaisella paineella materiaalin suulakkeen läpi. Kun silikoni on mennyt suulakkeen läpi ja ottanut lopputuotteen muodon, se syötetään vulkanointi uuneihin, missä lämpö viimeistelee tuotteen. Materiaalin ominaisuudet muuttuvat lisäaineiden ja eri kovuuksisten silikonien sekoitussuhteesta. Ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa kovuus, kulutuskestävyys, lämmönkesto, palonesto ja värit. (2, s. 4.)

2.2 Teippaus

Tiivistetuotannossa useaan profiiliin asennetaan pursotuksen jälkeen asennusteippi. Tiivisteet, jotka asennetaan liimaamalla, esimerkiksi ikkuna- ja ovitiivisteet, tarvitsevat teippipinnan. Tähän on olemassa oma työvaihe ja laitteisto. Laitteistolla tiivisteeseen asennetaan teippipinta ennen pakkausta. Tiiviste vedetään linjalla teipin alta ja teippi painetaan silikonitiivisteeseen pintaan, minkä jälkeen tuote tarkastetaan ja pakataan.

3 PLASMAKÄSITTELY

Plasma kuvataan aineen neljänneksi olomuodoksi. Plasma on sähköisesti varautunutta kaasua, joka on varautunut vapaasti liikkuvilla positiivisilla ja negatiivisilla elektroneilla. Tämä on seurausta siitä, että lisäenergia irrottaa kaasun ytimistä elektroneita. Kuvassa 1 kuvataan energian ja lämpötilan vaikutusta aineen olomuotoon. Plasmaa voidaan kuvailla osittain ionisoiduksi kaasuksi. Plasma on seos neutraaleja atomeita, ionisoituja atomeita, elektroneita, molekyyli-ioneja ja molekyyliä virittyneessä perustilassa. Negatiiviset ja positiiviset varaukset tasa-painottavat toisiaan, jolloin suurin osa varauksista on sähköisesti neutraaleja. (3.)



KUVA 1. Aineen olomuodon muutos energian ja lämpötilan vaikutuksesta (4)

Plasman korkea sähkönjohtavuus on peräisin plasmassa olevista varautuneista partikkeleista. Plasmassa on sisäistä energiaa, joka muodostuu elektroneista, molekyyleista, neutraaleista kaasuatomeista, positiivisista ioneista ja uv-valosta. Uv-valo sisältää kiihtyneitä kaasumolekyyliä ja kaasuatomeita, jolloin kun kaikki nämä molekyylit, ionit ja atomit yhdistyvät ja kun ne kohtaavat tietynlaisen materiaalipinnan, tapahtuu plasmakäsittely materiaalipinnalle. (3.)

Plasmakäsittelystä on useita eri menetelmävaihtoehtoja eri käyttötarkoituksiin ja ne voidaan jakaa neljään kategoriaan: alipaineplasma, normaalipaineplasma, koronakäsittely ja korkeapaineplasma. Korkeapaineplasmaa käytetään pääasiassa vain kaasupurkauslamppuissa. (5.)

3.1 Alipaineplasma

Alipaineplasma saadaan aikaan alipainekammiossa, joka muodostetaan tehokkailla alipainepumpuilla. Alipaineessa hiukkasten määrä tilavuuteen verrattuna laskee merkittävästi ja tämän takia partikkeleilla on enemmän tilaa, jolloin vapaa liike kasvaa ja törmäysten määrä laskee. Alipainekammiossa plasma liikkuu paljon vapaammin verrattuna normaaliin ilmakehään.

Alipaineplasmalla on kolme käsittelytapaa (6):

1. mikrohiekkapuhallus, jolla on hiekkapuhallusta muistuttava vaikutus, joka puhdistaa materiaalin pintaa
2. kemikaalinen reaktio, eli ionisoitunut kaasu reagoi pinnan kanssa
3. uv-säteily, joka hajottaa ketjujen hiilyhdisteitä.

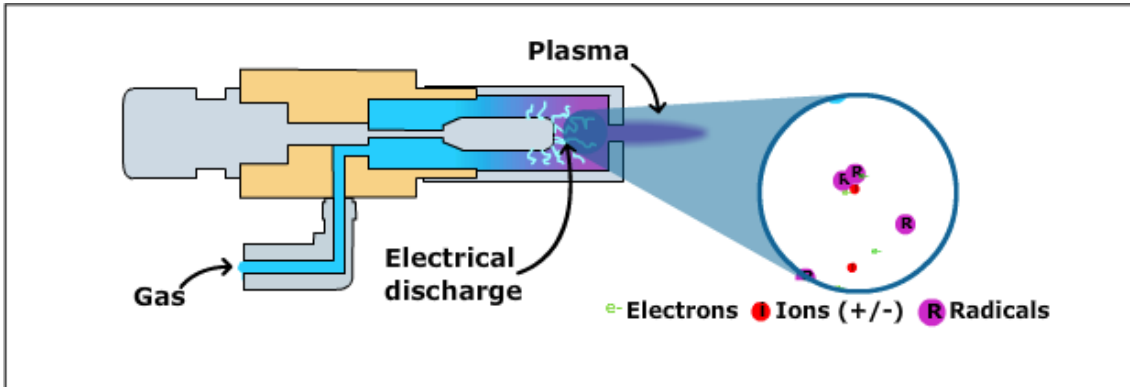
Alipaineplasmalla on useita käyttömahdollisuuksia, esimerkiksi erilaisten pintojen muokkausta ja puhdistusta, teflonin ja piin etsaamista sekä muovi-, kumi- ja siliikonipintojen aktivoimista (6). Alipaineplasmaa ei voi käyttää tuotantolinjassa eikä pelkästään tietyn pinnan käsittelyyn. Alipaineplasmakäsittelyssä tuotteen koko pinta saa käsittelyn tasaisesti (5). Kuvassa 2 on Dienerin alipaineplasmakammio.



KUVA 2. Diener Zepto -alipaineplasmalaitteisto (7)

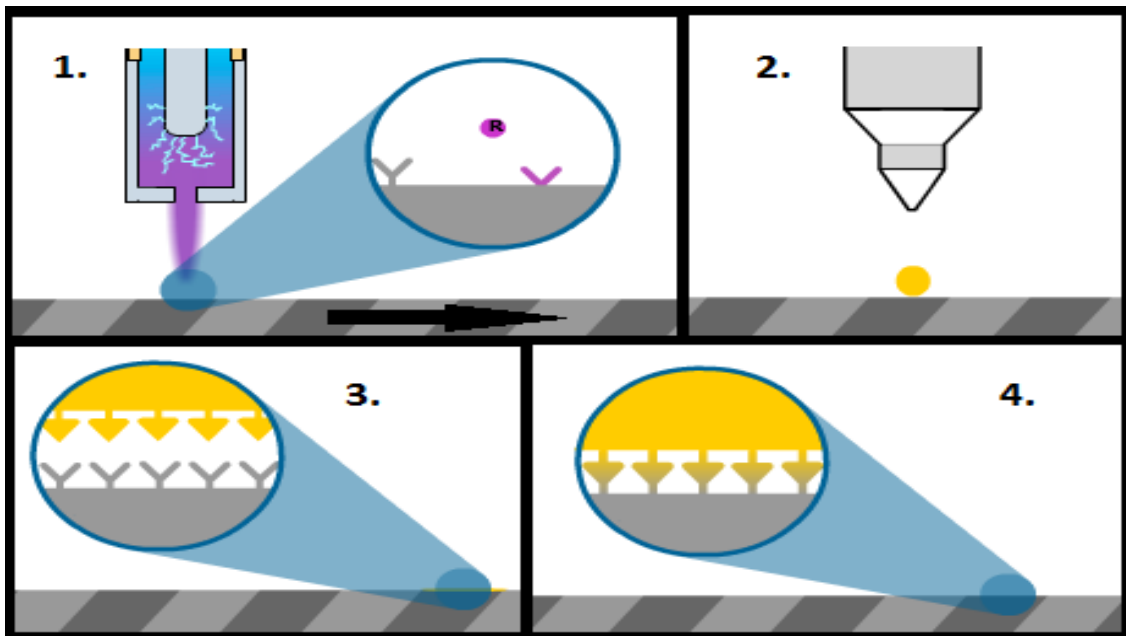
3.2 Normaalipaineplasma

Normaalipaineplasmakäsittely on normaalissa ilmakehänpaineessa tapahtuvaa plasmakäsittelyä, jossa kaasua, yleensä paineilmaa, syötetään paineella sähkövaraukseen, jolloin kaasu ionisoituu. Kuva 3 esittää normaalipaineplasmapillin toimintaa. Painekaasusta ja sähkövarauksesta syntynyt plasma ohjataan suuttimen kautta käsiteltävän kappaleen pinnalle. Syntynyt plasma on noin 250-sel-siusasteista ja käsittelynopeuksilla vaikutetaan kappaleen pintaan kohdistuvaan lämpöön, käsittelyn kestoon ja haluttuun lopputulokseen. Nopealla käsittelynopeudella voidaan käsitellä jopa lämpöherkkiä polymeerejä ja näin mahdollistaa laaja materiaalikelpoisuus tälle käsittelytavalle. (8.)



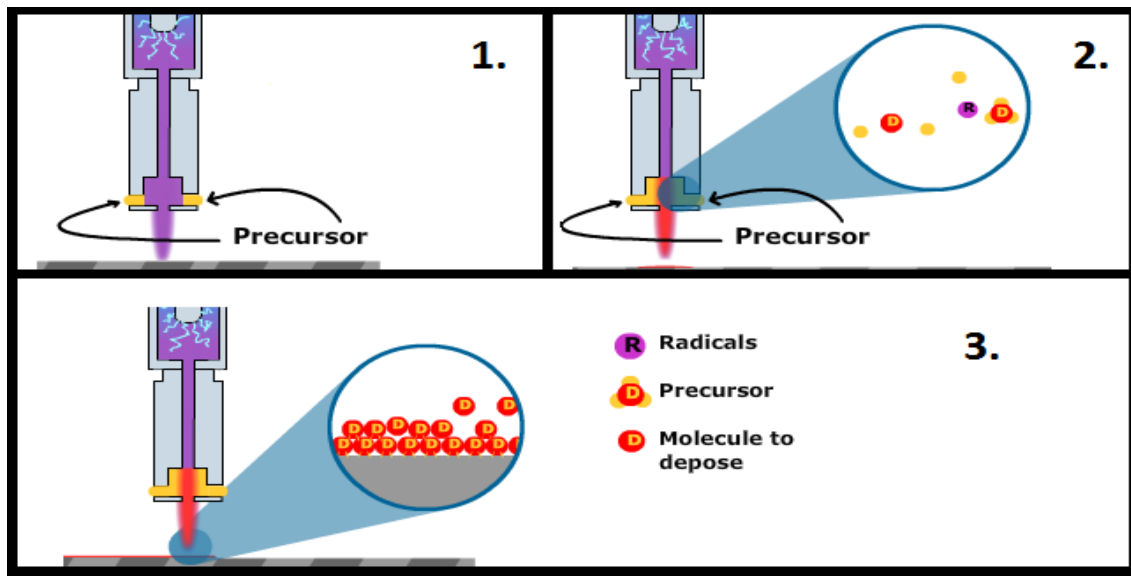
KUVA 3. Normaali-paineplasmakäsittelylaitteiston toiminta (8)

Normaalipaineplasmakäsittelyllä muutetaan pinnan ominaisuuksia, jolloin materiaalia pinnoitetaan, puhdistetaan ja materiaali vettyy paremmin (8). Kuvassa 4 käydään normaali-paineplasmapinnoitus vaihe vaiheelta. Kohdassa 1 materiaalin pinta käsitellään, jolloin radikaalit atomit ja molekyylit tarttuvat materiaalin pintaan ja muuttavat pintajännitystä. Kohdassa 2 materiaalin pinnalle lisätään haluttu aine, kuten liima, maali tai muste. Kohdassa 3 ja 4 nähdään, miten plasmakäsittely, eli paremmin vettyvä alue sitoo lisättyä ainetta muodostaen vahvan liitoksen molekyylitasolla.



KUVA 4. Plasmakäsittelyn vaikutus materiaalin pintaan (8)

Normaalipaineplasmakäsittelyä voidaan käyttää myös ohutkalvopäälystämiseen, jolloin prosessiin lisätään plasman kanssa reagoiva prekursori, eli esilisätävä lisäaine. Prekursori luovuttaa molekyylejä, joilla pinnoitetaan käsiteltävää materiaalipintaa. Kuvassa 5 on havainnoitu ohutkalvopinnoitusta. Prekursori valitaan pinnoitettavan materiaalin, halutun lopputuloksen tai ominaisuuden mukaan. (9.)



KUVA 5. Prekursorin toiminta ohutkalvopinnoituksen plasmauksessa (8)

3.3 Korona

Korona on näkyvä sähköpurkaus, joka muodostuu, kun korkeajännitettä johdetaan elektrodille, jolla on riittävän pieni halkaisija ja joka on tarpeeksi lähellä maa- doitettua pintaa. Käsittelyn tarkoituksena on parantaa materiaalin pintaenergiaa ja aineiden, kuten musteiden ja liimojen tartuntaa. Koronakäsittelyn käsittelyalue on laaja ja osittaista ionisointia aiheutuu myös ympäröivään tilaan. (10.)

Koronakäsittelyä käytetään kasvattamaan materiaalien pintaenergiaa. Korona- purkaus katkaisee käsiteltävän materiaalin pinnalta molekyyli- sidoksia, jolloin kat- kenneet sidokset voivat sitoutua vapaisiin molekyyli- eihin ja muihin partikkeleihin koronapurkauksen läheisyydessä. Käsittelyn tuloksena materiaalin pinnalle syn- ty poolisia ryhmiä, joilla on suuri kemiallinen vetovoima esimerkiksi musteita, liimoja ja pinnoitteita kohtaan. (10.)

Koronakäsittelyä käytetään laajasti eri teollisuudenaloilla ja monilla eri materiaaleilla, kuitenkin pääasiassa käsitellään muoveja ja kumeja. Koronakäsittelyn jälkeen materiaaleja on helpompi pinnoittaa ja liimata sekä pinta ottaa paremmin vastaan mustetta. Kuvassa 6 käsitellään muovipakkausta koronalla. (10.)



KUVA 6 Koronakäsittely muovipakkaukselle (10)

4 POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

FMEA on analyyttinen metodi, jota käytetään varmistamaan, että kaikki ongelmat tuotannossa tai tuotteessa on otettu huomioon ja että niihin on otettu kantaa tuotteen suunnittelussa ja tuotannon suunnittelussa. FMEA:n näkyvin tuote on FMEA-taulukko, joka on tehty prosessista tai tuotteesta. Osa FMEA-analyysia on riskiarviointi. Tarkoituksena on, että käydään keskustelua tuotteen ja tuotannon suunnittelusta, jolloin käydään läpi toiminnot ja muutokset, joista voi muodostua riski virheeseen. Jokaisessa analyysissa tulisi antaa huomiota jokaiseen komponenttiin tai toimintaan tuotteessa ja tuotannossa. Kriittisille ja turvallisuuteen vaikuttaville tekijöille tulisi antaa korkeampi kiireellisyysluokka. (11, s. 2.)

Onnistuneen FMEA-implementoinnin tärkeimpiä tekijöitä on aikataulutus. FMEA-analyysi on tarkoitettu ennen muutosta tehtäväksi. Analyysista saavutetaan suurin hyöty, kun FMEA tehdään ennen uuden prosessin tai tuotemuutoksen implementointia. Ennen prosessin implementointia käytetty aika kunnolla toteutettuun FMEA-analyysiin, vähentää implementoinnin kustannuksia ja minimoi muutoksen myöhemmät kriisitilanteet. FMEA-analyysista löytyvät ratkaisut voivat jopa pysäyttää implementoitavat muutokset, jotka aiheuttaisivat vain enemmän harmia tuotteeseen tai tuotantoon. Ideaalitalanne FMEA-analyysin tarkoituksena on aloittaa tuotteen tai tuotannon tarkastelu ennen kuin tuotantolaitteisto tai prosessi edes suunnitellaan tai hankitaan. FMEA kehittyy tuotteen ja tuotannon suunnittelun edetessä ja sitä voidaan käyttää myös ongelmien ratkaisuun suunnittelun aikana. (11, s. 2.)

FMEA-analyysin läpivientiin ei ole suoraa kaavaa, mutta keskeisimmät osat on jaoteltu selkeiksi askeliksi (11, s. 8 - 13):

1. Projektin vetäjä kokoaa FMEA-tiimin, johon kerätään henkilöitä moninaisesti eri osista tuotantoa ja suunnittelua.
2. Määritetään päämäärä, rajat ja sisältö analyysiin, jolloin analyysi pysyy kaassa ja päämäärä selkeänä.
3. Määritetään niin sanottu asiakas, eli joko loppukäyttäjä, tuotantolaitos, tuotantolinja tai yleiset säädökset.

4. Tunnistetaan toiminnot ja vaatimukset tuotannolle, jolloin saadaan selkeä kuva tuotannosta ja sen tarkoituksesta.
5. Tunnistetaan potentiaaliset vikatilat, eli oletetaan mahdollisia vikatiloja ja kirjataan muistiin teknisellä kielellä.
6. Tunnistetaan potentiaalisten vikojen vaikutuksia, eli miten asiakas, sisäinen tai ulkoinen, kokisi ongelmat.
7. Tunnistetaan potentiaalisten vikojen syyt, eli miten ja milloin vika voisi esiintyä.
8. Määritetään ohjaukset, joilla estetään tai tunnistetaan viat tuotannossa.
9. Tunnistetaan riskit ja pisteytetään ne. Pisteytys on tärkeimpiä osia FMEA-analyysissä. Riskeille annetaan numeerinen arvo vakavuudesta. Analyysissä on kolme arvioitavaa kohtaa. Vakavuus, eli vian vaikutuksen vakavuus. Esiintyminen, eli kuinka useasti ongelma voi tapahtua. Havaitseminen, eli kuinka vaikeaa on huomata virhe prosessissa.
10. Suositellaan toiminnat ja käsitellään tulokset. Tarkoitus on suositella toimintoja, joilla saadaan pienennettyä riskiä virheeseen, eli saada laskettua numeerisia arvoja vakavuudesta, esiintymisestä ja havaitsemisesta.

Kun prosessissa on käyty ensimmäinen tai toinen kierros läpi ja tuotanto on käynnistetty, päivitetään kaaviota ja aloitetaan analyysi jälleen uudelleen. Analyysiä toistetaan tasaisin väliajoin, jolloin tuotanto pysyy vakaana ja kehittyy (11, s. 2). Korjatut vikatilat laskeutuvat alemmas pisteytyksessä ja korkeammalle nousee seuraavaksi käsiteltävä prosessin kohta.

5 MENETELMÄKEHITYS

Opinnäytetyö aloitettiin kartoittamalla yrityksen tarpeet ja tahtotila yrityksen edustuksen kanssa. Opinnäytetyölle luotiin tavoitteet ja rajattiin asiat, joita ei opinnäytetyössä käsitellä.

Opinnäytetyössä tutkittiin silikonitiivistetuotannon teippaussolun tuotantomenetelmän uudistamista. Opinnäytetyössä etsittiin uutta menetelmää silikonitiivisteiden käsittelyyn, jotta tiivisteiden pintaan olisi helpompi asentaa kaksipuolinen teippi. Menetelmämuutokselta haettiin tuotannolle lisää vakautta, nopeutta, lyhyempiä asetusajoja ja uusia näkökulmia tuotantosolun kehittämistä varten.

Opinnäytetyöstä rajattiin ulos uuden laitteiston tai menetelmän laskennalliset aspektit työn pituuden ja investointipäätösten aikataulun takia. Opinnäytetyössä olisi voinut käydä läpi takaisinmaksuajat ja tutkia tarkemmin laskennallisesti tuotannon tehostusta, verrattuna vanhaan prosessiin, jos uusi prosessi olisi tullut käyttöön työn aikana.

5.1 Opinnäytetyöprojektin eteneminen

Opinnäytetyö jaettiin projektinhallinnallisesti neljään etappipisteeseen. Jokainen etappipiste päättyi katselmointiin, missä käytiin läpi päättyneen työvaiheen tapahtumat ja tulokset. Opinnäytetyön katselmoinneissa myös voitiin tarkastella työn etenemistä ja ottaa kantaa opinnäytetyön suuntaan sekä päivittää työn tavoitteita.

5.1.1 Tuotantosolun nykytilatutkimus

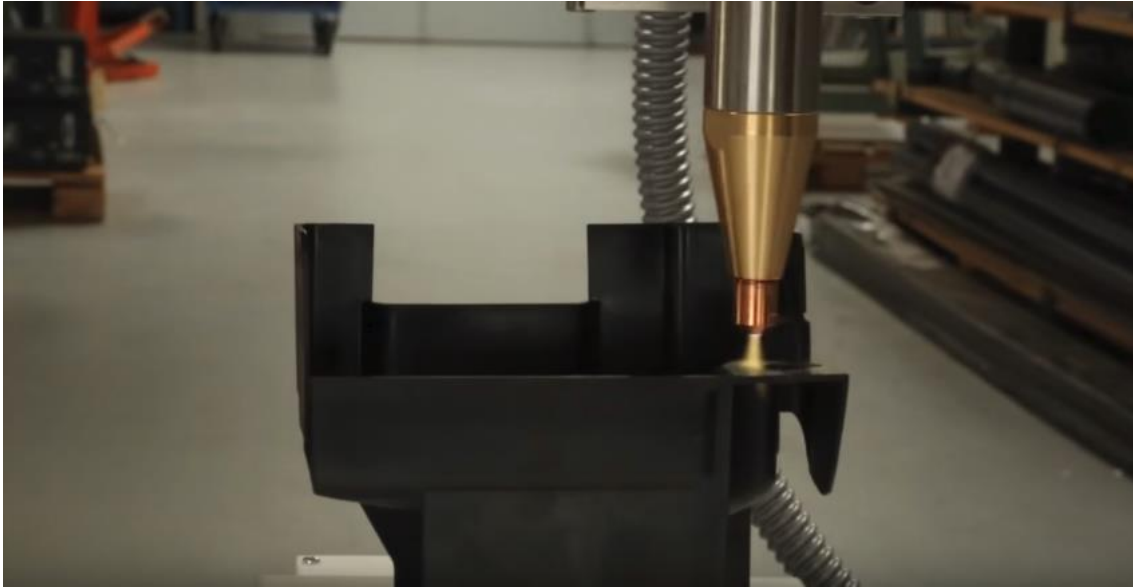
Ensimmäinen etappipiste oli tuotantosolun nykytilakartoitus ja henkilöstön haastattelut. Tehtaan koko tuotanto käytiin läpi ja tutkittiin mahdolliset vaikutukset teippaussoluun. Vaikuttavia tekijöitä havaittiin pieni määrä ja osaa vaikuttavista tekijöistä oltiin jo päivittämässä tai oltiin muuten jo tietoisia ongelmasta. Suurin osa muun tehtaan vaikuttavista tekijöistä oli pakollisia sille tuotannon vaiheelle, eikä niihin voitu vaikuttaa siinä tuotannon vaiheessa. Vaikuttaviin tekijöihin piti ottaa kantaa teippaussolun suunnittelussa. Muun tuotannon kartoituksen jälkeen siirryttiin teippaussoluun, johon tehtiin tarkempi selvitys toiminnasta, ongelmista, tar-

peista ja henkilöstön kokemuksista. Tuotantosolusta tehtiin kaavio kaikista toiminnoista, mihin merkattiin kaikki solun liikkuvat ja tuotteeseen vaikuttavat osat. Tuotantosolun kaavoittamisen jälkeen tutustuttiin ja luotiin FMEA-kaavio solulle. FMEA-kaavion luomisessa ja ongelmakohtien kartoittamisessa käytettiin apuna tuotantosolun operaattoreita ja tuotannon insinöörejä. Nykytilakartoituksessa saatiin selkeä käsitys tuotantosolun toiminnasta ennen prosessin muuttamista ja kerättiin tietoa solun kehityskohteista.

FMEA-analysissä käytiin teippaussolun kaikki mahdolliset vikatilat ja virheet, joita oletettiin tapahtuvan. Teippaussolu jaettiin kaaviossa prosessivaiheisiin, jotka vaikuttivat tuotteeseen. Solun jokainen vaihe käytiin läpi ja siihen liittyvät vikatilat kirjattiin sen osan alle. Mahdollisten vikojen kartoituksen jälkeen mietittiin vikatilat vaikutusta tuotteeseen ja tuotannon vakauteen. Kun koko solu oli käyty läpi, siirryttiin vikojen vaikutusten pisteytykseen. Pisteytyksessä oli kolme kohtaa: vakavuus, eli kuinka paha vaikutus tuotteeseen tai vakauteen, esiintyvyys, eli kuinka monesti tietyllä aikavälillä tapahtuu vika, ja havaittavuus, eli kuinka vaikea vika on havaita. Pisteytyksen jälkeen saatiin selkeä toimintasuunnitelma, jolla aloittaa teippaussolun kehittäminen. FMEA-analyysiä käytettiin tukemaan ehdotuksia teippaussolun kehityskohteista. FMEA-analyysi jää yritykseen teippaussolun kehittämisen tutkimuksen pohjaksi.

5.1.2 Menetelmätutkimus

Menetelmätutkimus aloitettiin tutkimalla muovin, kumi ja silikonin käsittelytapoja valmistavassa teollisuudessa, kuten autoteollisuudessa (kuva 7) ja printattavan elektroniikan tuotannossa. Tutkimuksen aikana kävi ilmi, että suuri osa muovikomponenteista autoteollisuudessa käsitellään plasmakäsittelyllä ennen liimausta tai tiivisteen asennusta. Printattavan elektroniikan tuotannossa käytetään plasma- ja koronakäsittelyä printattavan pinnan käsittelyyn ennen printtausta.



KUVA 7. Plasmakäsittely autoteollisuudessa (12)

Printtiteollisuudessa käytetään plasma- ja koronakäsittelyä parantamaan liimausta ja printtimusteen imeytymistä ja sitoutumista. Tutkimuksessa ei löydetty suoraan valmista konseptia parantamaan silikonin ja teipin välistä adheesiota, mutta plasmakäsittelyn tiedettiin vaikuttavan limaukseen ja silikonin pintaan, jolloin tehtiin päätös testata plasmalaitteistoa. Koronakäsittely otettiin osaksi tutkimusta, koska plasma- ja koronakäsittelyt olivat niin samanlaiset. Käsittelyjen vertailussa saatiin tieto kumpi sopisi juuri silikonille ja teipin liimapinnalle.

Laitteiston ja valmistajien kartoittamisen aikana löydettiin Oulun ammattikorkeakoulun PrinLab-toiminnasta plasmalaitteisto. PrinLabin kautta päästiin nopeasti tutustumaan laitteistoon käsituntumalla. PrinLabin henkilökunta oli alusta asti erittäin kiinnostunut opinnäytetyöstä ja tarjosi erittäin kattavasti apua laitteiston koulutuksessa ja käytössä. PrinLab tarjosi laboratoriotilat materiaalin käsittelytesteihin plasmalaitteistolla.

5.1.3 Testaus

Menetelmätutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että testaukseen valitaan plasma- ja koronakäsittelyt. Testauksen suunnittelussa valittiin neljä eri tuotetta testaukseen. Tuotteiden valinta perustui tuotannon määrään vuositasolla ja tuotteiden materiaalieroihin. Valitut tuotteet olivat tuotantomääriltään tehtaan suurimpia sekä materiaalierot olivat pohjiltaan ja lisäaineiltaan erilaisia.

Laboratoriotestaukset suoritettiin Oulun ammattikorkeakoulun Prinlabin tiloissa, jossa käytössä oli TantecTEC-X -normaalipaineplasmakäsittelylaitteisto. Laitteisto sisälsi Tantec PlasmaREMOTE -ohjausyksikön, viisi PlasmaTEC-X -generaattoria ja viisi PlasmaTEC-X -suutinta. Kuvassa 8 on Tantec PlasmaTEC-X laitteisto. PrinLabissa plasmalaitteisto oli integroitu ohuelle muovifilmille tarkoitettuun linjastoon, mutta linjasto soveltui hyvin myös silikonitiivisteiden kuljettimeksi. PrinLabissa laitteistolla käsiteltiin muovifilmiä, jolle printattiin elektroniikkakomponentteja ja piirejä. Plasmalaitteisto käsitteli filmin pinnan, jolloin musteet ja liimat sitoutuivat paremmin muoviin.



KUVA 8. Tantec PlasmaTEC-X -laitteisto (13)

Testauksen pohjana olivat linjanopeudet, joita verrattiin plasmakäsittelyn tuloksiin. Eri nopeuksien käsittelyn onnistumisesta pystyttiin arvioimaan mahdollinen materiaalin läpimeno metreinä minuutissa. Käsittelynopeutta verrattiin suoraan nykyiseen tuotantonopeuteen, josta pystyttiin kartoittamaan käsittelyn kannattavuus.

Käsittelyn toimintaa testattiin kahdella tavalla. Ensimmäiset testaukset tehtiin dyne-mustetestillä (kuva 9), jolla saatiin nopea vastaus, toimiiko käsittely ollenkaan silikonille. Toiset testaukset tehtiin teippaamalla käsitellylle pinnalle teippi ja tekemällä vetokokeet.



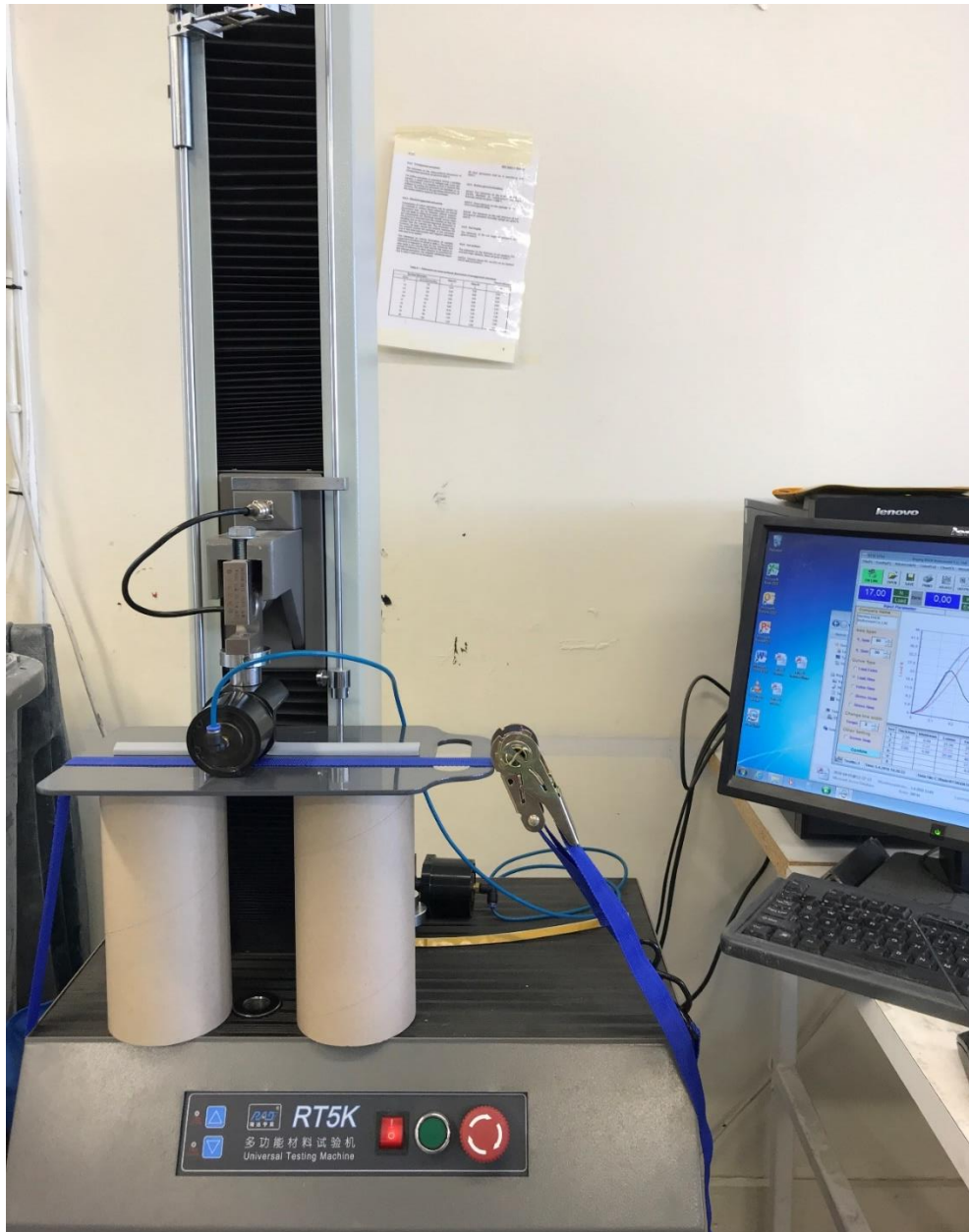
KUVA 9. Dyne-mustetesti

Dyne-testimusteita käytettiin nopeaan vettymisjännityksen mittaamiseen. Testi toimi lisäämällä nestettä käsitellyn tuotteen pinnalle, jolloin se levisi tasaisesti materiaalin pinnalle tai vetäytyi pisaroiksi. Testissä vettymisjännitys kuvattiin suurella mN/m ja asteikolla 28 mN/m, 38 mN/m, 48 mN/m, 56 mN/m, 64 mN/m, 72 mN/m, 105 mN/m. Mitä suurempi mN/m arvo oli, sitä parempi oli materiaalin vettyminenkin.

Testiä analysoitiin siten, että jos dynemuste jäi tasaiseksi yli 3 sekunnin ajaksi, oli materiaalin vettymisjännitys vähintään sen nesteen ilmoittaman verran. Testi toistettiin uudelleen vahvemmallalla nesteellä, kunnes neste pisaroitui alle 1 sekunnin aikana. Testin lopuksi saatiin tieto, mikä on korkein mahdollinen vettymisjännitys. (14.)

Vetotestillä jäljiteltiin asennuksen jälkeistä jännitystä teipin ja silikonin väliseen sidokseen. Materiaali käsiteltiin usealla linjanopeudella ja sen jälkeen tiivisteeseen käsitellyn pintaan kiinnitettiin kaksipuolinen asennusteippi. Tiiviste asennettiin

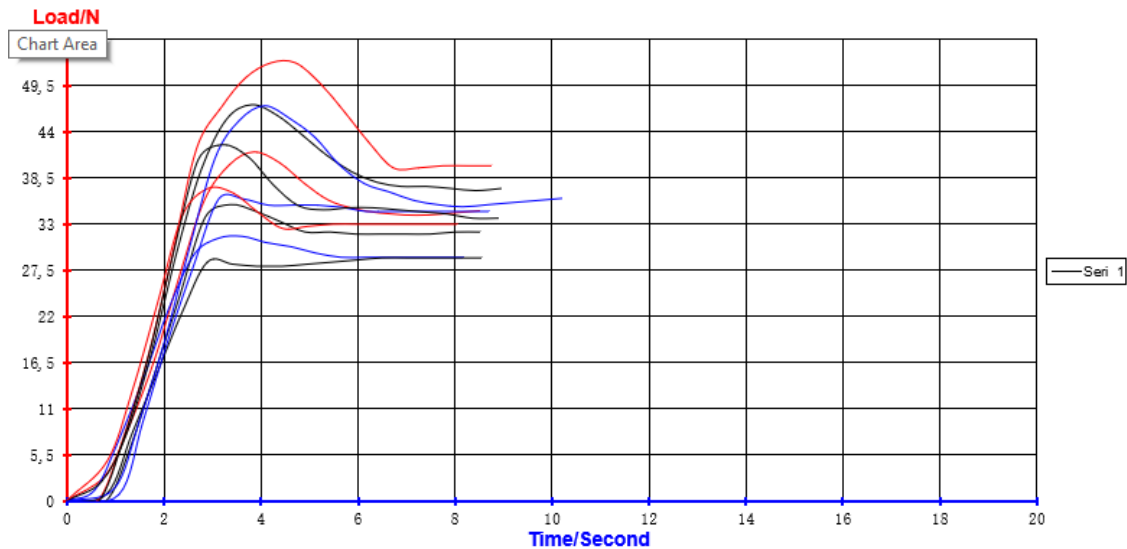
pulverimaalattuun teräslevyyn, josta sitä vedettiin, tiivisteprofiilin muodon sal-
liessa, keskeltä tiivistettä suoraan ylöspäin. Vetotestilaitteistona käytettiin RT5K
Universal Rubber Testing Machinea (kuva 10), jonka ohjelmistoa sovellettiin lii-
mauksen irtoamisen testaukseen.



KUVA 10. RT5K-vetotestilaitteisto

Vetoja suoritettiin kymmenen linjanopeutta kohti ja testituloksia verrattiin nykyi-
sellä menetelmällä valmistettuun tiivisteeseen. Laitteistosta saatiin tarkkaa tietoa
kuinka suurella voimalla sidosta pitää rasittaa, jotta se antaisi periksi. Laitteisto

kertoi käytetyn voiman kaaviolla aikaan verrattuna, josta nähtiin, milloin teippi irtosi silikonista tai pohjalevystä, sekä kertoi jokaisen vedon maksimivoiman ja koko kymmenen vedon sarjan keskiarvon ja varianssin. Kuva 11 on esimerkki testituloksesta, josta näkyy voima newtoneina ja aika sekunteina.



KUVA 11. Esimerkki vetotestituloksista

5.2 Tulosten arviointi

Testituloksissa haettiin varmuutta uuden tuotantomenetelmän toimivuudesta valituille tuotteille, jotka edustivat suurinta osaa tuotettavista tuotteista ja raaka-aineista. Testattujen nopeuksien kymmenen 25 cm:n testipalaa otettiin käsitellyn materiaalin eri kohdista tasaisesti useamman kymmenen metrin matkalta. Testitulokset vetolaitteistosta kertoivat kymmenen testin keskiarvon, josta voitiin päätellä, olivatko testit keskimääräisesti läpäisseet yrityksen sisäisen standardin. Tuloksista saatiin myös selville vetojen varianssi, josta tulee ilmi keskimääräinen vaihtelu testiryhmän sisällä. Näiden kahden laskennallisen arvon perusteella pääteltiin, onko vetotesti luotettava ja onko käsittely keskimääräisesti läpäissyt standardin.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä kehitettiin asennusteipin liimauksen tuotantomenetelmää FP Finnprofiles Oy:n silikonitiivistetehtaalla. Työn päätavoite oli luoda konsepti uudesta tuotantomenetelmästä, löytää ongelmakohdat nykyisestä tuotantosolusta ja koostaa näistä yritykselle valmis ratkaisu solun ja menetelmän kehittämiseen. Työ suoritettiin tutustumalla nykyiseen tuotantosoluun ja sen ongelmakohtiin, tutkimalla vaihtoehtoja nykyiselle menetelmälle, testaamalla löydetty menetelmät. Lopuksi ehdotettiin uutta menetelmää ja tuotantosolun kehityskohteita.

Menetelmätutkimuksessa löydettiin plasma- ja koronamenetelmät, joilla muutetaan materiaalin pintajännitystä. Plasmakäsittelyn konseptia tiivistetuotannossa ei ollut ainakaan julkisesti tutkittu, jolloin testaukset jouduttiin tekemään alusta asti itse.

Testauksessa tehtiin vetotestejä, joilla tutkittiin tiivisteeseen kohdistuvaa rasiusta loppuasennuksen aikana ja jälkeen. Testejä tehtiin usealle linjanopeudelle ja jokaista linjanopeutta kohden vedettiin kymmenen testipätkää. Kriittisesti ajateltuna testaus on ollut suppea verrattuna vuosittaisiin tuotantomääriin, joten uuden menetelmän käyttöönotossa joudutaan vielä testaamaan useita satoja metrejä tuotetta, että se voidaan hyväksyä asiakkaalle lähetettäväksi. Myös asiakastestaukset jäävät tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Opinnäytetyön tarkkoja tuloksia ei tässä kirjallisessa osuudessa voi käydä läpi liikesalaisuuksien takia.

Opinnäytetyön päätteeksi suositeltiin tuotantosoluun ja teippausmenetelmään muutoksia, joista yritys tekee päätökset opinnäytetyön jälkeen. Menetelmämuutoksia perusteltiin menetelmän toimivuudella silikonitiivisteiden pinnan käsittelyyn ja johtopäätöstä tuetaan testaustuloksilla. Tuotantosolun kehittämisehdotuksia tuetaan FMEA-raportilla, josta näkyvät selkeästi muutoksen tarpeet kiireellisyysjärjestyksessä.

LÄHTEET

1. FP Finnprofiles Oy. Saatavissa: <http://www.finnprofiles.com>. Hakupäivä 3.5.2018.
2. Silicone rubber, material benefits and fabrication advantages. 2015. Vesta Inc. Saatavissa: <http://www.vestainc.com/shared-content/pdf/white-papers/Silicone%20%20Rubber%20White%20Paper.pdf> Hakupäivä: 14.05.2018.
3. The basics of plasma treatment. Tantec. Saatavissa: <http://www.tantec.com/the-basics-of-plasma-treatment.html> Hakupäivä 7.5.2018.
4. Plasma – The fourth state of matter. Plasmatreat. Saatavissa <http://www.plasmatreat.com/plasma-technology/what-is-plasma.html> Hakupäivä 7.5.2018.
5. What kinds of plasma processes are there? Plasmatreat. Saatavissa <http://www.plasmatreat.com/plasma-technology/plasma-processes.html> Hakupäivä 7.5.2018.
6. Plasma systems – Low pressure plasma. 2018. Diener electronic. Saatavissa <http://www.plasma.de/en/plasmasystems/lowpressureplasma.html> Hakupäivä 7.5.2018.
7. Low cost plasma system Zepto. 2017. Diener electronic. Saatavissa: <http://plasma.de/en/plasmasystems/zepto.html> Hakupäivä 23.3.2016.
8. What is plasma? 2016. AcXys Technologies. Saatavissa: <http://www.acxys.com/plasma-technology.html>. Hakupäivä 7.5.2018.
9. Thin film deposition. 2016. AcXys Technologies. Saatavissa <http://www.acxys.com/plasma-technology/plasma-effects/thin-film-coating.html> Hakupäivä 7.5.2018.

10. Applications – Corona treatment and surface modification. Dyne technology. Saatavissa <http://www.dynetechnology.co.uk/applications/corona/> Hakupäivä 7.5.2018.
11. Potential failure mode and effects analysis (FMEA), reference manual 4th edition. 2008. Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motor Corporation.
12. PlasmaTec X -Advanced cost-effective plasma treater. 2015. Tantec. Saatavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=X1LWDI78wJE> Hakupäivä 13.5.2018.
13. Atmospheric Plasma | PlasmaTEC-X | Highly improved features. 2018. Tantec. Saatavissa: <https://tantec.com/atmospheric-plasma-plasmatec-x-highly-improved-features.html> Hakupäivä: 13.5.2018.
14. Dyne Test Inks to ISO 8296. 2018. Dyne testing Ltd. Saatavissa: <http://www.dynetesting.com/surface-energy-measurement/dyne-test-inks/> Hakupäivä: 12.5.2018.