

Matti Mustonen

**TIIVISTEPROFIILIN TARRAUSKONEEN KÄYTETTÄVYYDEN
PARANTAMINEN**

TIIVISTEPROFIILIN TARRAUSKONEEN KÄYTETTÄVYYDEN PARANTAMINEN

Matti Mustonen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Matti Mustonen

Opinnäytetyön nimi: Tiivisteprofiilin tarrauskoneen käytettävyyden parantaminen

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Improvement of the Usability of Seal Profile Tape Fastening Machine

Työn ohjaaja: Kai Jokinen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 28 + 2 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin silikonikumista ja TPE-muovista tiivisteprofiileja valmistavalle V.A.V. Group Oy:lle. Osaan silikoniprofiileista kiinnitetään asennusteippi. Työ aloitettiin, koska yrityksen työntekijät kokivat teippauskoneen haastavaksi käyttää ja asetusajat profiilia vaihdettaessa olivat pitkät. Tavoitteena oli yksinkertaistaa koneen käytettävyyttä ja luoda säädettäville osille visuaaliset säätöparametrit. Lisäksi tavoitteena oli laatia koneen asetusarvoille lomakepohjat, jotka nopeuttavat asetusten laittoa.

Opinnäytetyöprojekti jaettiin neljään etappiin. Ensimmäisessä vaiheessa projekti rajattiin ja tavoitteet kirjattiin. Toisena laadittiin projektisuunnitelma, jossa kriteereinä olivat esittely ongelmasta ja konseptitason ratkaisusta sekä toteutusaikataulu. Kolmantena välikatselmuksessa ratkaisumalleille esitettiin ratkaisuvaihtoehtoja ja toimintaperiaatteet, listattiin hyvät ja huonot puolet sekä laadittiin karkea arvio toteutushinnasta. Välikatselmuksessa valittiin toteutettava malli. Viimeisenä projektin lopetettiin, kun komponentit on tilattu sekä käyttöohjeet ja vakioasetuslomakepohjat laadittu.

Työ aloitettiin tutustumalla teippauskoneen nykytilaan ja kartoittamalla haasteet sekä ongelmat. Kartoituksessa ilmeni, että koneen lukuisat säädettävät komponentit ovat vaikeasäätöisiä eikä niistä ole paikkatietoa, mikä hidastaa asetusten laittoa sekä ajon aikaista säätöä. Lisäksi teipin halkaisulaitteet eivät aina halkaisseet teippiä kunnolla, mikä aiheutti laatuhävikkiä. Ongelmien vaikutukset asetusajoihin ja laatuun arvioitiin sekä ongelmien juurisyyt selvitettiin. Syiden selvittyä koneen muutostarpeille kartoitettiin mahdollisia ratkaisuja ideoimalla ja etsimällä vaihtoehtoja markkinoilla olevista komponenteista. Toimintaperiaatteet kuvattiin mallintamalla suunnitellut muutosvaihtoehdot Solidworks 3D CAD -ohjelmistolla. Muutosvaihtoehdoista valikoitiin koneeseen sopivimmat muutokset, jotka mallinnettiin lopulliseen kokoonpanoon. Komponentit tilattiin, mutta muutosten asennustyöt jäivät tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Tuloksena saatiin suunniteltua koneeseen muutoksia, joiden uskotaan parantavan tarrauskoneen käytettävyyttä. Teipattavan profiilin vaihtuessa uudet asetukset ovat nopeasti säädettävissä helppokäyttöisillä säätimillä ja komponenttien tarkan paikkatiedon ollessa saatavilla. Myös asetusajoja pidentävät ja jälkityöstöä aiheuttavat ongelmat teipin halkaisumekanismissa saatiin korjattua säädöillä ja huoltotoimilla.

Asiasanat: koneensuunnittelu, käytettävyys, toistettavuus

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
2 TIIVISTEPROFIILIN VALMISTUS	8
2.1 Ekstruusio	8
2.2 Silikonikumi	9
2.3 Teippaus	9
3 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)	11
3.1 Käytettävyys	11
3.2 Nopeus	11
3.3 Laatu	11
3.4 KNL:n laskuesimerkki	12
4 LÄHTÖTILANNE	13
4.1 Toimintaperiaate	13
4.2 Käytettävyyteen perehtyminen	14
4.2.1 Teipin halkaisu	14
4.2.2 Profiilikohtaiset asetukset	15
4.2.3 Muut ongelmat	15
5 RATKAISUJEN KARTOITUKSET	17
5.1 Teipin halkaisu	17
5.2 Profiilikohtaiset asetukset	17
5.2.1 Tiivisteiden ohjaimet	18
5.2.2 Teipin- ja liimasuuttimen ohjaimet	18
5.3 Muut ongelmat	21
6 RATKAISUMALLI	22
7 KÄYTTÖOHJEET	25
8 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	28
LIITTEET	
Liite 1 Tarrauskoneen asetukset	

Liite 2 Vianmääritys ja toimenpiteet

SANASTO

3D	grafiikka, joka on mallinnettu kolmen tilaulottuvuuden mukaan
CAD	tietokoneavusteinen suunnittelu (computer-aided design), jota käytetään etenkin insinöörien ja arkkitehtien suunnittelutyössä
CNC	tietokoneohjattu kone (computerized numerical control), joka muuttaa tekstimuodossa olevan koodin servo-ohjattujen moottorien liikkeeksi
elastomeeri	polymeeri, joka on kumimaisen elastinen, joka muovautuu venytettäessä tai puristettaessa ja palautuu voiman vaikutuksen lakkautua likimain alkuperäiseen muotoonsa
OEE / KNL	mittari, joka ilmaisee tuotantolaitteen kokonaistehokkuuden prosentuaalisesti (overall equipment effectiveness), suomennos KNL (käytettävyys, nopeus, laatu)
POM	polyoksimetyyli, tekninen muovi
TPE-muovi	termoplastinen elastomeeri, kumimainen kestopuovi tai muovin ja kumin seos

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin lissä sijaitsevalle, vuonna 2005 perustetulle V.A.V. Group Oy:lle (1). Yritys valmistaa korkealuokkaisia kumituotteita. Tuotteita ovat käyttötarkoituksen ja -olosuhteiden mukaan räätälöidyt silikoni- ja TPE-profiilit. Profiilit valmistetaan ekstruusio-menetelmällä. Lisäksi yritys tarjoaa erilaisia silikonikumiprofiileista valmistettuja jatkojalostettuja erikoistuotteita, kuten räätälöityjä kehiä, paineilmatäytteisiä profiileja ja helposti asennettavia tarratiivisteitä.

Työssä keskitytään tarratiivisteiden valmistukseen käytettävään profiilin teippauskoneen kehittämiseen. Kone on vanha ja käytettävyydeltään haastava, mutta toimintaperiaatteeltaan toimiva. Opinnäytetyössä kartoitetaan, miten koneesta saadaan nykyistä yksinkertaisempi käyttää ja miten lyhennetään asetusaikoja. Ratkaisumallin löydyttyä muutokset toteutetaan koneeseen.

Opinnäytetyön päätavoitteena on yksinkertaistaa koneen käytettävyyttä. Päätavoitteen saavuttamiseksi on kirjattu seuraavat vaatimukset: etsitään koneen säädettäville osille helppokäyttöiset mekanismit, luodaan säädöille visuaaliset säätöparametrit, luodaan laitteelle käyttöohjeet sekä suunnitellaan profiilikohtaisille asetuksille lomakepohja standardiasetuksia varten.

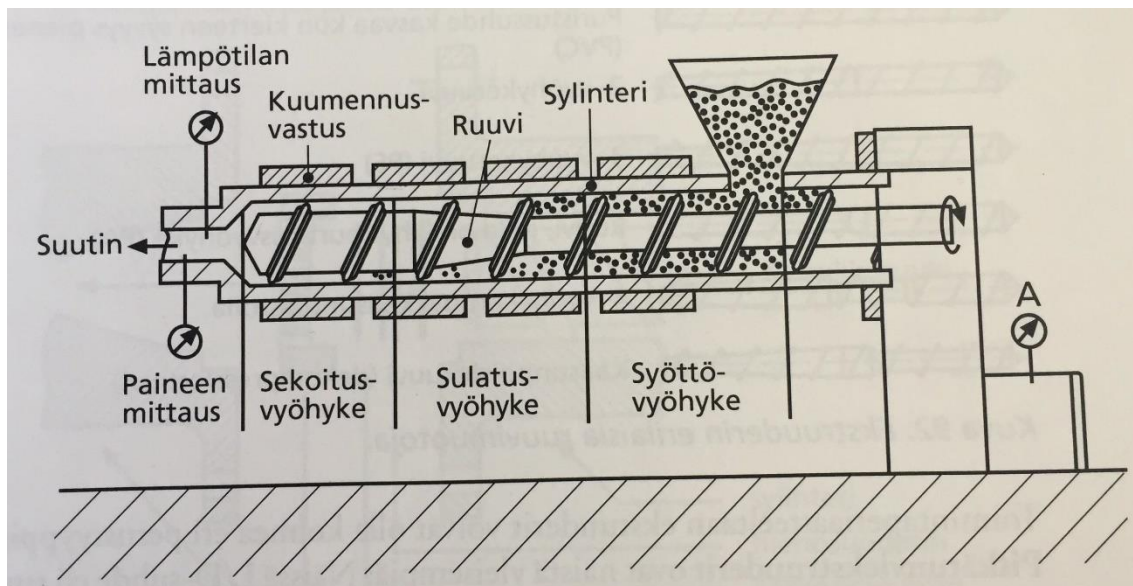
2 TIIVISTEPROFIILIN VALMISTUS

Tiivisteprofiileja voidaan valmistaa useilla menetelmillä, kuten muottivalamalla, ekstruusiolla, koneistamalla ja leikkaamalla. Tiivisteitä valmistetaan lukuisista eri materiaaleista, kuten kumista, silikonikumista, TPE-muovista, korkista ja huovasta (2). Materiaalin valintaan vaikuttavat käyttökohde, -olosuhteet, hinta sekä mahdolliset valmistusmenetelmät. Tässä opinnäytetyössä käydään läpi valmistusmenetelmistä ekstruusio sekä materiaaleista silikonikumi.

2.1 Ekstruusio

Ekstruusio eli suulakepuristus tarkoittaa sulatetun muoviraaka-aineen puristamista halutun profiilin muotoisen suulakkeen läpi. Muoviraaka-aineita voidaan seostaa erilaisilla lisäaineilla ja väriaineilla. Ekstruuderin on useimmiten osa isoa kokonaisuutta, jossa annetaan tuotteelle tarkka muoto ja lopulliset mitat. Tärkeimpiä ekstruusiolla valmistettavia tuotteita ovat putket, tangot, levyt, köydet, kalvot sekä paperin ja kartongin, kankaan ja kaapelin päällystys. (3, s. 100.)

Ekstruuderin (kuva 1) muodostuu syöttösuppilosta, sylinteristä, jonka sisällä pyörii kierukkaruuvi, kierukkaruuvia pyörittävästä moottorista ja suuttimesta. Ruuvi siirtää muovigranulaatin tai -jauheen syöttösuppilosta suuttimelle. Matkalla raaka-aine sulaa kitkan vaikutuksesta tai kitkan ja sähkövastuksen avulla. Ruuvien loppupäässä sekoitusvyöhykkeellä homogenisoidaan eli tasa-aineistetaan muovisula. (3, s. 101.)



KUVA 1. Ekstruuderin rakenne (3. s. 101)

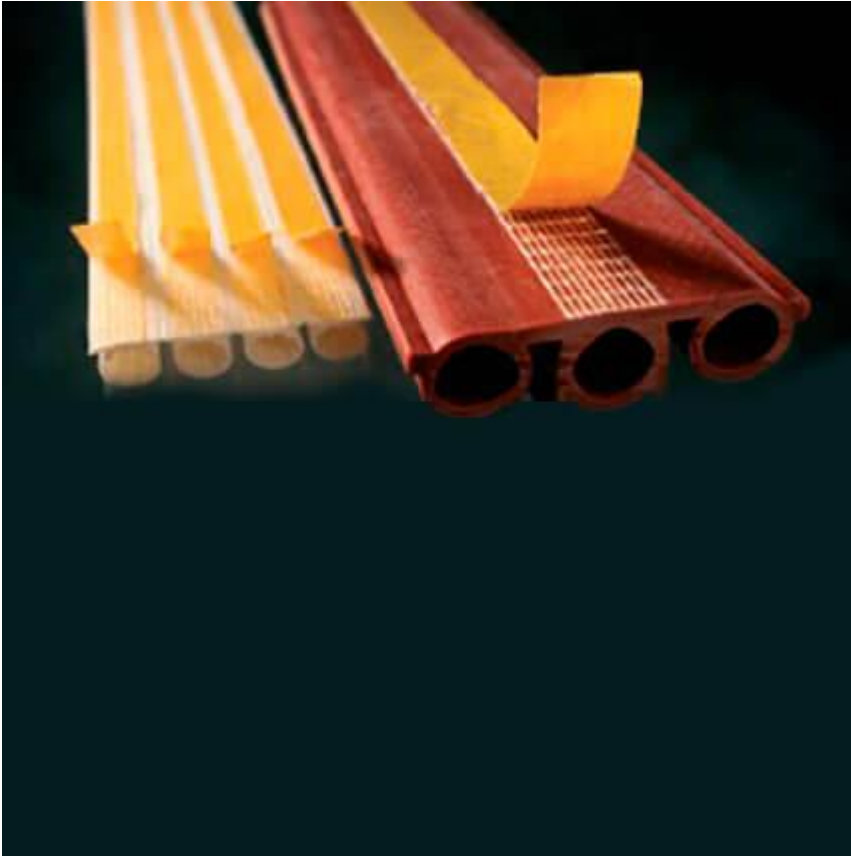
Koekstruusio tarkoittaa menetelmää, jossa vähintään kahden ekstruuderin kautta tuleva raaka-aine syötetään samaan suuttimeen (3, s. 109). Tiivistenauhojen valmistuksessa koekstruusiota käytetään, kun halutaan profiilin eri osille erilaisia ominaisuuksia, kuten kovuutta tai väriä.

2.2 Silikonikumi

Polysiloksaani eli silikonikumi on synteettinen kumi-elastomeeri (4). Silikonikumin polymeerirunko muodostuu epäorgaanisista pii- ja happiatomeista. Tämä ominaisuus mahdollistaa laajan käyttölämpötila-alueen -100 °C ja $+300\text{ °C}$ välillä. (5.) Silikonikumin muita hyviä ominaisuuksia ovat erinomainen tiivistävyys, veden hylkiminen, sähkön eristävyys ja alhainen kemiallinen reaktiivisuus (4). Seostettuna eri lisäaineilla voidaan silikonikumin ominaisuuksia sovittavaa vaihteleviin toimintaympäristöihin (6).

2.3 Teippaus

Useaan tiivisteprofiiliin asennetaan teippinauha (kuva 2). Teippi helpottaa tiivisteiden asentamista loppukäyttäjällä. Teippaukselle on olemassa oma laitteisto. Tiivisteprofiili vedetään laitteiston läpi, jossa teippinauha painetaan tiivisteeseen selkäpuolelle. Teipin ja tiivisteeseen väliin annostellaan liima-aine, joka mahdollistaa teipin tarttumisen silikonin pintaan. Teippauksen jälkeen tarratiiviste pakataan ja toimitetaan asiakkaalle.



KUVA 2. Malleja tarratiivisteestä (1)

3 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

OEE, suomeksi KNL (Käytettävyys, Nopeus, Laatu), on mittari, jonka avulla tuotantoprosessien tehokkuutta voidaan seurata ja parantaa. KNL ilmaisee tuotantoprosessin kokonaistehokkuuden prosentuaalisena. KNL huomioi useimmat tuotantohävikin syyt jakaen ne kolmeen tekijään: käytettävyys, nopeus ja laatu. (7, s. 3.)

Ideaalitilanteessa tuotantoprosessin KNL luku on 100 %, mikä tarkoittaa, että prosessi tuottaa ainoastaan laatuvaatimukset täyttäviä tuotteita maksimaalisella tuotantonopeudella ilman, että aikaa kuluu asetuksiin tai seisokkeihin. Valmistavan teollisuuden keskimääräinen KNL luku on noin 60 % ja "World Class" -tason KNL on 85 % tai parempi (7, s. 9.)

3.1 Käytettävyys

Käytettävyystekijää (K) laskettaessa huomioidaan seisokkihäviöt, jotka katkaisevat suunnitellun tuotannon joksikin aikaa. Syynä seisokille voi olla esimerkiksi tuotevaihdon asetukset, laitehäiriö, säätö- tai huoltotoimenpide. (7, s. 4.) Toteutunut käyntiaika saadaan vähentämällä suunnitellusta tuotantoajasta seisokkihäviöt. Käytettyä arvo saadaan jakamalla käyntiaika suunnitellulla tuotantoajalla. (7, s. 5.)

3.2 Nopeus

Nopeustekijää (N) laskettaessa huomioidaan nopeushäviöt, jotka aiheutuvat koneen maksimi ajonopeutta hitaammasta tuotantonopeudesta. Syynä nopeushäviöille voi olla esimerkiksi laitteiden kuluneisuus, huonot raaka-aineet tai koneenkäyttäjän tehottomuus. (7, s. 4.) Nopeuden arvo saadaan jakamalla toteutunut tuotantomäärä nimellistuotantokyvyn ja käyntiajan tulolla (7, s. 5).

3.3 Laatu

Laatutekijää (L) laskettaessa huomioidaan laatuhäviöt. Laatuhäviöitä voivat olla esimerkiksi hylätty tuotanto, ylimääräistä työtä vaativa tuotanto tai alempaan laatuluokkaan luokiteltava tuotanto. (7, s. 4.) Laadun arvo saadaan jakamalla hyväksytty tuotanto toteutuneella tuotantomäärällä (7, s. 5).

3.4 KNL:n laskuesimerkki

KNL-luku saadaan kertomalla käytettävyyden-, nopeuden- ja laadun arvot. Taulukossa 1 on lähtöarvot ja taulukossa 2 havainnollistetaan KNL -laskutoimenpiteet.

TAULUKKO 1. Lähtöarvot

Nimike	Arvo	Yksikkö
Työvuoron kesto	450	min
Tauot	60	min
Seisokkiaika	38	min
Nimellistuotantokyky	50	kpl/min
Toteutunut tuotanto	17 002	kpl
Hylätty tuotanto	192	kpl

TAULUKKO 2. Esimerkki kokonaistehokkuuden laskennasta

Käytettävyys	K = Käyntiaika / Suunniteltu tuotantoaika K = 352 min / 390 min K = 90,26 %
Nopeus	N = Toteutunut tuotanto / (Nimellistuotantokyky * Käyntiaika) N = 17002 kpl / (50 kpl per min * 352 min) N = 96,60 %
Laatu	L = Hyväksytty tuotanto / Toteutunut tuotanto L = (17002 kpl - 192 kpl) / 17002 kpl L = 98,87 %
KNL	KNL = Käytettävyys * Nopeus * Laatu KNL = 90,26 % * 96,60 % * 98,87 % KNL = 86,20 %

4 LÄHTÖTILANNE

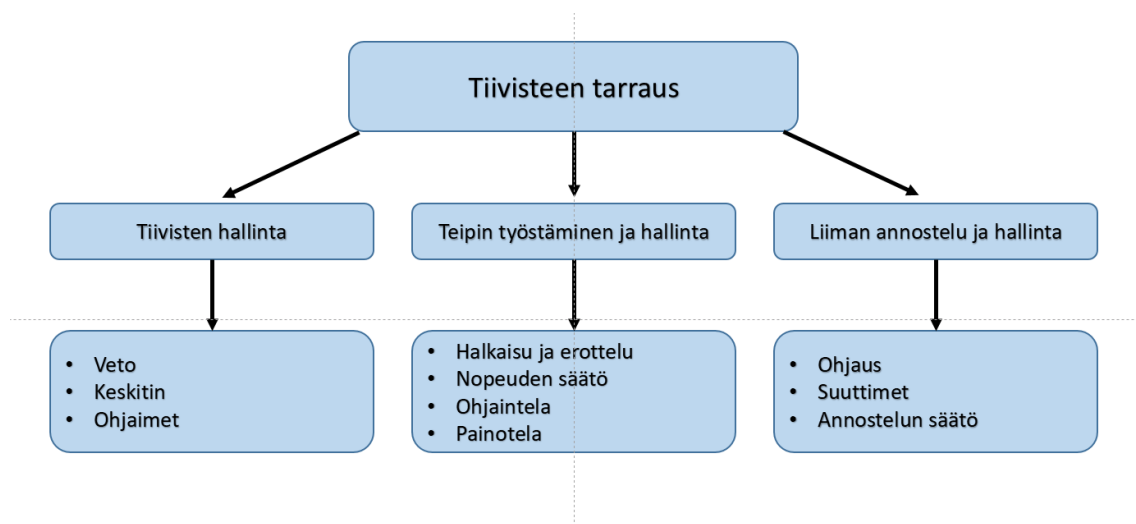
Tiivisteiden tarrauskoneen käytettävyyden parantamista suunniteltaessa oli tärkeää ymmärtää koneen toimintaperiaate ja ongelmat. Koneen käyttöön ja työvaiheisiin perehdyttiin yrityksen työntekijän operoidessa konetta. Lisäksi koneen käytössä ilmenneitä haasteita kartoitettiin kyselylomakkeen avulla.

Kone on nopeasti suunniteltu ja rakennettu tarpeeseen yrityksen alkuvaiheilla. Valmiita kaupallisia ratkaisuja teippinauhan asentamiseksi tiivisteisiin ei ole. Kuvia laitekoko-
naisuudesta ei esitellä yrityksen pyynnöstä.

4.1 Toimintaperiaate

Silikoniprofiili ohjataan kelalta tai laatikosta hihnalle, jossa sen selkäpuolelle pursotetaan aluksi liimamassaa. Liimamassa auttaa teippinauhan tarttumista silikonin pintaan. Teippinauha ohjataan ja painetaan profiiliin, minkä jälkeen tiiviste ohjataan laatikkoon tai kiinnikelainlaitteelle.

Koneen osatoiminnot (kuva 3) voidaan jakaa kolmeen päätoimintoon ja niiden alitoimintoihin. Päätoimintoja ovat tiivisteiden hallinta, teipin halkaisu ja hallinta sekä liiman annostelu ja hallinta.



KUVA 3. Tarrauskoneen toiminnot

Tiivisteprofiilin veto tapahtuu hihnan ja painopyörän avulla. Hihna kattaa koko työtason pituuden, ja painopyörä painaa tiivisteeseen vetohihnaa vasten koneen loppupäässä. Koneen alkupäässä on keskitin, jolla ohjataan ja rauhoitetaan profiili hihnan keskivaiheille. Lisäksi tiivisteeseen hallintaa varten on kaksi väliohjainta, jotka pitävät profiilin tarkasti asemoituna liiman annostelua ja teipin painamista varten.

Liima kohdistetaan tiivisteeseen monikärkisillä suuttimilla. Liiman annostelu säädetään paineilmatoimisesti.

Teippi halkaistaan haluttuun leveyteen. Leikkaaminen tapahtuu kuumennetuilla pyörivillä terillä, jotka painavat teippinauhan pyörivää leikkauspöytää vasten. Halkaistut teipit ohjataan ensiksi keinuvalle telalle, joka mittaa teipin kireyttä asentotunnistimen avulla ja tarvittaessa säättää teipin syöttönopeutta. Seuraavaksi teipit ohjataan erottelutelalle, joka jakaa teipit halutulle etäisyydelle toisistaan. Lopuksi teippi painetaan profiilin pintaan painotelalla.

Koneen vetohihnan ja teipin halkaisupöydän sähkömoottorit käynnistyvät samasta portaattomasti säädettävästä potentiometrillä. Vetohihnan ja halkaisupöydän vakiopyörimisnopeuden suhdetta voidaan säätää niin ikään potentiometrillä. Teipin kireyttä mitataan myös asentotunnistimella, joka säättää halkaisupöydän pyörimisnopeuden suhdetta vetohihnaan ajon aikana.

4.2 Käytettävyyteen perehtyminen

Koneen käytettävyyteen perehdyttiin seuraamalla koneen käyttöä teipattaessa useita eri profiileja. Asetusten säätämisen ja ajon aikana kohdatut ongelmat käytettävyydessä sekä laatupoikkeamat kirjattiin muistiin. Käytettävyyden ongelmia kartoitettiin myös työntekijöille laaditulla kyselyllä.

4.2.1 Teipin halkaisu

Koneessa on saksalaisen Dienesin valmistamat vapaasti pyörivät halkaisuterät, jotka lämpenevät lämpövastuksen avulla. Terät painetaan paineilmakäyttöisesti kiinni pyöreeen halkaisupöytään, ja nousevat jousen avulla irti, kun paine löysätään. Halkaisupöytä pyörii sähkömoottorilla. Teipin leveys vaihtelee profiilin mukaan. Vakioleveydet ovat 6 mm, 9 mm, 12 mm tai 36 mm. Teippi halkaistaan tarvittaessa sopivaksi 12 mm, 18 mm tai 36 mm leveästä rullasta.

Teipin halkaisussa on ollut ongelmia. Halkaistut teipit eivät aina erkane toisistaan kunnolla, mikä aiheuttaa ongelmia teipin kohdistamisessa tiivisteeseen pintaan. Tästä aiheutuu laatuongelmia, jotka aiheuttavat hukkaa menetetyin profiiliin ja teipin muodossa ja/tai uudelleentyöstämisessä.

4.2.2 Profiilikohtaiset asetukset

Erilaisia teipattavia tiivisteprofiileja on lukuisia. Asetusajat vaihtelevat 20 minuutista kahdeksan tuntiin. Asetusajat ovat pitkiä, koska koneessa on lukuisia säädettäviä kohteita ja vaihdettavia osia. Lisäksi tiivisteeseen ohjaimien ja teippinauhan ohjaimien säädöille ei ole visuaalisia asteikkoja, mikä helpottaisi asetusten laitoa. Kaikki asetukset haetaan profiiliin vaihtuessa kokeilemalla. Lisäksi erilaisia vaihdettavia ohjainkomponentteja on useita, eikä niissä ole mitään merkintöjä, joka nopeuttaisi osien valintaa vaihtojen yhteydessä.

4.2.3 Muut ongelmat

Osa profiileista vaatii erilaisia lisälaitteita ja lisäohjaimia. Monimutkaisia lisälaitteita ja -ohjaimia tarvitaan muun muassa estämään ohuiden profiilien karkaaminen tiivisteeseen ohjainten ja vetohihnan väliin sekä pitämään haastavan muotoiset tai epäsymmetriset profiilit oikeassa asennossa. Kuvassa 4 on esimerkki haastavan profiilin tarrauksesta.



KUVA 4. Esimerkki vaikean profiilin vaatimista lisäohjaimista

Liimamassan annostelun säädössä on myös omat haasteensa. Massaa syötetään paineistetusta astiasta. Syöttömäärän säätö tapahtuu painetta säätämällä. Liiman annostelun säätö on epätarkkaa ja tapahtuu viiveellä.

Myös tiivisteprofiilin nykiminen koneella on aiheuttanut ongelmia. Nykiminen voi johtaa profiilin karkaamiseen ohjaimien välistä tai kääntymisen väärään asentoon. Nykimiselle on kaksi syytä. Osa profiileista pakataan suoraan kelalle ja osa pahvilaatikkoon ennen teippausta. Pahvilaatikosta teipattaessa nykimistä aiheuttaa silikonille tyypillinen nahkeus, eli taipumus tarttua, vaikka profiili olisi talkittu nahkeuden pienentämiseksi. Kelalta teippaamista varten on rakennettu kelateline, jossa kela voi purkautua vapaasti pyörimällä. Tarrauskone vetää tiivistettä tasaisella nopeudella, mutta kelan vapaa pyörintä aiheuttaa pieniä nopeuseroja tarrauskoneeseen verrattuna, mikä ilmenee nykäisyinä.

5 RATKAISUJEN KARTOITUKSET

Tiivisteprofiilien tarrauskoneen haasteiden ja ongelmien ratkaisuja alettiin kartoittaa ongelmien vakavuusjärjestyksessä, vakavimmasta alkaen. Vakavimmiksi ongelmiksi arvioitiin käytettävyyteen vaikuttavat tekijät ja seuraavana laatuun vaikuttavat tekijät. Koneen ajonopeutta ei voida enää nostaa, koska käytettävä teippi ei purkaudu kelalta kunnolla ajettaessa yli 7,5 m/min nopeudella.

5.1 Teipin halkaisu

Työntekijöiden mukaan teipin halkaisu on toiminut aiemmin moitteetta. Konetta operoidessa havaittiin, etteivät terät jaksaneet nousta jousen avulla irti halkaisupöydästä eivätkä terät pyörineet kevyesti. Aluksi terät purettiin ja puhdistettiin, mutta se ei poistanut ongelmaa kokonaan. Seuraavaksi mitattiin vetohihnan ja halkaisupöydän pyörimisnopeudet ja havaittiin, että halkaisupöytä pyrkii syöttämään teippinauhaa nopeampaa kuin vetohihna pyrkii vetämään. Teipin kireyden asentotunnistuksesta huolimatta teippi pääsi käymään löysällä. Halkaisupöydän pyörimisen suhdetta vetohihnaan pienennettiin hieinan, minkä jälkeen teipin halkaisu toimi ongelmitta.

Teipin ohjaukseen käytettävät ja halkaistut teipit erillään pitävät pyörähdyskappaleet eli erottelutelat suunniteltiin uudelleen. Osien suunnittelussa käytettiin pohjana vanhoja komponentteja, mutta mitoituksia korjattiin vastaamaan paremmin tarvetta. Lisäksi pyörähdyskappaleiden kokonaispituudeksi määriteltiin vakiomitta, jotta jatkossa valmistettavat komponentit voidaan asentaa paikoilleen ilman sovitinkappaleita.

Myös teipin tiivisteeseen pintaan painavat pyörähdyskappaleet eli painotelat suunniteltiin uudelleen. Kokonaispituuden vakiomitoituksen lisäksi uusien painotelojen teipin urien suunnittelussa huomioitiin käytettävän teipin paksuus tarkemmin, mikä parantaa teipin tarttumista profiilin pintaan.

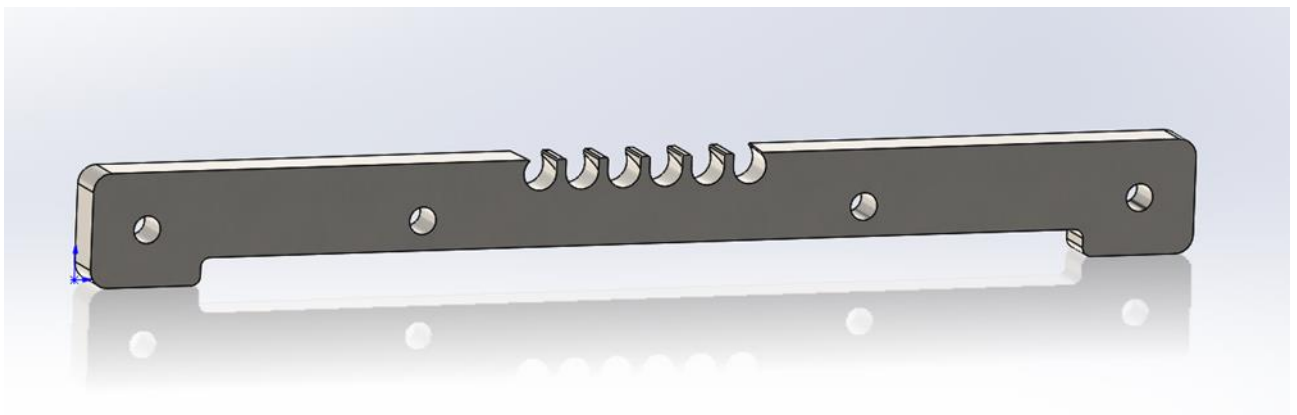
5.2 Profiilikohtaiset asetukset

Profiilikohtaisten asetusten helpottamiseksi etsittiin ratkaisuja erilaisista lineaariliikekomponenteista. Toimilaitteiden tuli olla helpposäätöisiä ja niistä piti pystyä lukemaan paikkatieto.

Lähtökohtaisesti paineilma- ja hydraulikkaöljykäyttöiset apulaitteet suljettiin pois, koska ne vaativat monimutkaiset järjestelmät toimiakseen ja niiden asemointi tarkasti ja usein toistettavasti lisäävät järjestelmän monimutkaisuutta. Erilaisia sähkökäyttöisiä lineaariliikkeyksiköitä tutkittiin vaihtoehtona. Niiden etuna olisi ollut vakioasetusten tallentaminen. Mutta tarkka asemointi ja paikkatieto vaatimuksena rajasivat vaihtoehtoja toimilaitteista ja niiden ohjauksesta, mikä puolestaan nosti järjestelmän hinnan liian korkeaksi mahtuakseen budjettiin. Jäljelle jäi lihasvoimakäyttöisiä lineaariliikkeen komponentteja, joista valittiin kohteeseen sopivin toteutusperiaate.

5.2.1 Tiivisteiden ohjaimet

Koneessa oleva alkuperäinen säätömekanismi mahdollistaa tiivisteiden kohdistamisen koko hihnan leveydelle. Koska tarvetta tälle ei nähty, tiiviste-profiilin hallitsemiseksi suunniteltiin profiilikohtaiset ohjaimet, jotka keskittävät profiilin aina vetohihnan keskelle. Lisäksi profiilikohtaisilla ohjaimilla (kuva 5) tiiviste on aina oikeassa asennossa eikä monimutkaisia lisäasennuksia tarvita. Ohjainten kiinnitys tapahtuu kahdella mutterilla ilman työkaluja, joten vaihto tapahtuu nopeasti.



KUVA 5. Profiilikohtaisen tiivisteohjaimen malli

5.2.2 Teipin- ja liimasuuttimen ohjaimet

Teippejä ohjaavia pyörähdyskappaleita ja liimasuuttimia kohdistettaessa osaa komponenteista säädetään laitteeseen nähden syvyysuunnassa ja osaa korkeussuunnassa. Telaa, jolla teippi painetaan kiinni tiiviste-profiiliin, säädetään sekä syvyys- että korkeussuunnassa.

Mekaanisten käsikäyttöisten lineaariliikekomponenttien valmistajia ja toimittajia löytyy lukuisia vaihtoehtoja. Vertailujen jälkeen parhaaksi vaihtoehdoksi valikoitui RK Rose+Krieger GmbH:n E linear unit -tuoteperhe (kuva 6). E linear unit -tuoteperheen etuina oli vähemmän tilaa vievä pyöreä profiili, erittäin laaja valikoima erilaisia kiinnittimiä yksikölle sekä vaunulle ja $\pm 0,2$ mm paikannustarkkuus. Lisäksi erilaisia lisävarusteita, kuten käyttöpyörät (kuva 7) ja paikanilmaisimet (kuva 8) löytyvät samalta toimittajalta.



KUVA 6. RK Rose + Krieger E linear unit (8, s. 48)

E linear -yksikköä käytetään akselin päästä kiertämällä jolloin sisällä oleva trapetsiruuvi liikuttaa kuormavaunua. Yksiköitä on saatavilla oikean- tai vasemmankätisellä kierteellä, jossa yksi tai kaksi vaunua kulkee samaan suuntaan. Saatavilla on myös oikean- ja vasemmankätisellä kierteellä varustettuja yksiköitä, jossa kaksi vaunua kulkee vastakkaisiin suuntiin.



Diam. 60-100

KUVA 7. Käyttöpyörä (8, s. 66)

Yksinkertaisimmillaan E linear -yksikköä voidaan käyttää käyttöpyörällä. Paikkatietoa varten yksiköihin on saatavilla sivuun tulostettu mitta-asteikko. Kuvan 8 mukaisella paikannilmaisimella paikkatieto on helpommin luettavissa.



Installation position: horizontal

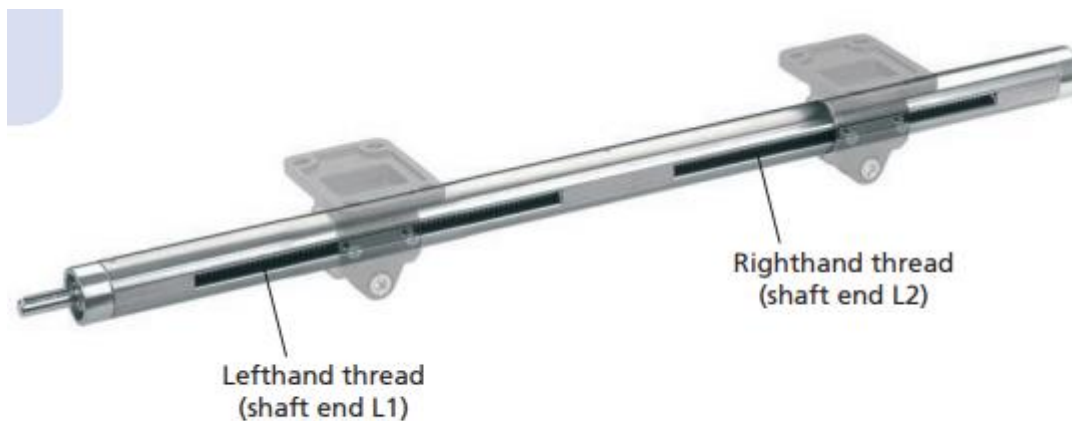
KUVA 8. Paikanilmaisim (8, s. 73)

5.3 Muut ongelmat

Lisäohjainten tarve liittyy osin vanhojen tiivisteohjainten toimintaperiaatteeseen sekä haastavan mallisten profiilien käyttäytymiseen, kun teippinauha painetaan tiivisteeseen vanhassa toteutustavassa. Uudelleensuunniteltujen tiivisteohjainten avulla lisäasennusten käytön tarve poistuu.

Liimamassan annostelun säätö muutetaan lisäämällä yksinkertainen palloventtiili ennen liimasuutinta. Venttiilillä saadaan säädettyä virtausta reaaliaikaisesti, helposti ja tarkasti.

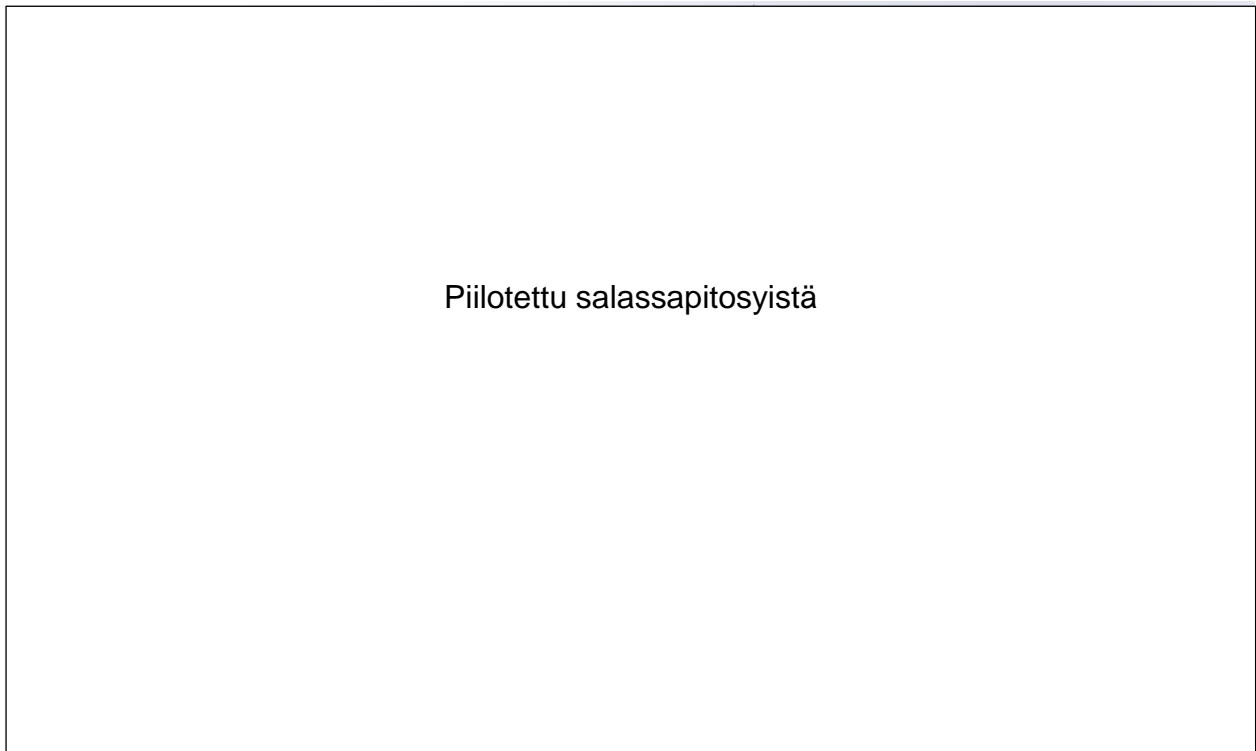
Tiivisteprofiilin nykimisen aiheuttaviin syihin ratkaisun löytäminen vaatii kalliita ja monimutkaisia laiteinvestointeja. Teippauskoneen alkupäähän vetohihnan eteen suunniteltiin mekanismi, jolla saadaan profiili keskitettyä jo ennen ensimmäistä tiivisteohjainta, sekä estämään profiilin kääntyminen väärään asentoon. Myös keskittämismekanismin pääkomponentti löytyy RK Rose + Kriegerin E linear -tuoteperheestä. Tässä yksikössä (kuva 9) on kaksi vaunua, jotka liikkuvat yhtä aikaa vastakkaisesti suuntiin kahvasta kääntäessä. Tämä mahdollistaa erikokoisten profiilien keskittämisen hihnalle helposti ilman tarvetta osien vaihtoon.



KUVA 9. RK Rose + Krieger E linear unit, right and left hand thread (8, s. 50)

6 RATKAISUMALLI

Ennen osien tilaamista tiivisteiden teippauskoneesta piirrettiin Solidworks 3D CAD -mallinnusohjelmalla muutostöistä kaksi vaihtoehtoista kokoonpanokuvaa toteutustavasta. Mallinnuksella varmistettiin suunnitelman toimivuus ja komponenttien sovitettavuus jo olemassa olevaan koneeseen. Kokoonpanovaihtoehdot käytiin läpi yrityksen edustajien kanssa, ja lopullinen ratkaisumalli syntyi yhdistämällä molemmista toteutustavoista parhaita puolia. Lopullisessa mallissa (kuva 10) on seitsemän lineaariliikkeyksikköä ja kolme tiivisteiden ohjainta. Yksiköiden paikkatiedon ilmaisuun valittiin mitta-asteikon sijasta erillinen paikanilmaisoin selkeämmän luettavuuden vuoksi.



KUVA 10. Havainnekuva koneeseen suunnitelluista muutoksista

Kuvaan 10 on piirretty vain suunniteltuihin muutoksiin liittyvät olennaiset osat. Kuvasta puuttuu voimansiirron ja teipin halkaisuterien lisäksi liiman annosteluun liittyvät laitteet sekä ensimmäisen yksikön asennusalusta. Taulukosta 3 selviää kuvan 10 numeroiden ja kirjainten selitteet.

TAULUKKO 3. Toimintojen selitteet

Piilotettu salassapitosyistä

Tiivisteiden ohjaimet sekä teipin ohjaukseen ja kohdistamiseen uudelleensuunnitellut pyörähdykappaleet tilattiin Oulun ammattikorkeakoululta. Ohjaimet leikataan vesileikkauksella POM-muovilevystä ja pyörähdykappaleet valmistetaan CNC-sorvilla POM-muovitaangoista. POM valikoitui materiaaliksi sen koneistettavuuden ja liukuominaisuuksien takia.

Mallinnetun kokoonpanon rakentaminen, käyttöönotto ja vakioasetusten hakeminen profiileille jäi tämän opinnäytetyön ulkopuolelle. Asennusohjeena toimii kokoonpanon 3D-mallinnus.

7 KÄYTTÖOHJEET

Teippausta varten yrityksessä oli jo olemassa profiilikohtaiset työohjeet. Ohjeista selviää, mitä teippimateriaalia käytetään ja kuinka leveäksi teippi halkaistaan. Koneen muutosten jälkeen myös profiilikohtaiset vakioasetukset säädettävien osien kohdistamiseen on mahdollista kirjata ylös ja sisällyttää työohjeisiin. Tämän vuoksi laadittiin uudet työohjeet (liite 1).

Uusiin työohjeisiin sisällytettiin kuva koneesta, josta ilmenee säädettävät kohteet numeroituna. Työohjeista selviää jokaiselle kohteelle asetusohjeet tai -arvot, joita seuraamalla voidaan toteuttaa profiilin vaihto nopeasti. Työohjeita voidaan käyttää myös uusien työntekijöiden perehdytykseen.

Lisäksi koneelle laadittiin lyhyt ohje vianmääritykseen (liite 2) yleisimpien ongelmien varalta, kuten mahdollisiin teipin halkaisun ongelmiin. Ohjeista selviää, mihin toimenpiteisiin kannattaa ryhtyä ja missä järjestyksessä.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä kehitettiin tiivisteiden tarrauskoneen käytettävyyttä. Säättömekanismeista haluttiin helposti kohdistettavia ja niistä piti pystyä tulkitsemaan paikkatieto. Työ suoritettiin tutustumalla teippauskoneeseen ja sen ongelmiin, kartoittamalla ratkaisuvaihtoehtoja ja suunnitteleamalla muutokset koneeseen. Lopuksi osat ja tarvikkeet tilattiin muutoksien toteuttamiseksi. Muutostyöt jäivät tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Teipin halkaisun ongelmista aiheutuvat venymiset asetusajoissa saatiin korjattua huolto- toimilla ja säädöillä. Erilaisia lineaariliikkeen säättömekanismeja vertailtiin, ja käyttötarkoitukseen sopivimpana valikoituivat lihasvoimalla käytettävät kuularuuvivyksiköt. Toimittajan valintaan vaikutti huomattavasti se, että RK Rose + Kriegerin lineaariliikkeen tuoteperheistä löytyi kattava valikoima kiinnitys- ja kuormavaunusovelluksia sekä paikanilmaisimia ja muita tarvikkeita, mikä helpotti kokoonpanon suunnittelussa ja mallintamisessa. Kokoonpano mallinnettiin Solidworks 3D CAD -ohjelmistolla. Profiileille yksilöidyillä tiivisteiden ohjaimilla päästään eroon rautalankavirityksistä ja tiivisteiden virheasunnoista teipattaessa. Pyörähdyskappaleiden uudelleensuunnittelulla saatiin nopeutettua osien vaihtoa, koska erillisiä sovitinkappaleita ei enää tarvita. Lisäksi pyörähdyskappaleiden kiinnitykseen vaihdetaan sormimutterit normaalien mutterien tilalle, mikä vähentää työkalujen tarvetta asetusten laitossa.

Tarrauskoneelle suunniteltiin myös käyttöohjeet, jotka toimivat perehdytyksenä laitteen käyttöön muutosten jälkeen. Profiilikohtaisille asetuksille laadittiin lomakepohja, johon täytetään muun muassa vakiopaikkatiedot, kun konetta käytetään muutostöiden jälkeen. Näin saadaan valmiit asetukset seuraavalle kerralle, kun samaa profiilia teipataan uudelleen. Vakioasetusten täyttäminen lomakepohjiin jäi myös tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin suunnitelman tasolla. Helpot säättömekanismit, tarkat paikkatiedot, profiilikohtaisesti räätälöidyt ohjaimet sekä niiden pohjalta suunnitellut työohjeet mahdollistavat nopeat asetusten vaihdot profiiliin vaihtuessa. Tarvittaessa ajon aikainen hienosäätäminen onnistuu muutoksien jälkeen helposti.

Mahdollisia tiivisteprofiilin tarraamiseen liittyviä kehityskohteita löytyi opinnäytetyön aikana kaksi. Muutama tarrattava epäsymmetrinen tiivisteprofiili myydään asiakkaille yksittäisenä nauhana. Epäsymmetristen tiivisteiden pursotus ja teipin asennus toteutetaan tuotannollisista syistä parina siten, että niissä on ohut repäisyypinta profiilien välissä. Teipin asennuksen jälkeen tiivisteet erotetaan toisistaan ja pakataan asiakkaan haluamalla tavalla. Yhden työvaiheen tarve poistuisi muuttamalla kiinnikelainlaitetta siten, että sillä voidaan kelata kahdelle kelalle yhtä aikaa. Toinen kehityskohde olisi siirtyä käyttämään uudenlaista kaksikerrosteippiä, jossa toisella puolella on silikoniin tarttuva liimamassa ja toisella puolella akryylipohjainen liimamassa. Silikoniin tarttuva teippi on uusi tuote ja tois-
taiseksi erittäin kallista, mutta tulevaisuudessa sen hinta voi laskea järkevälle tasolle. Silikoniin tarttuvalla teipillä poistuisi tarve pursottaa liimamassaa teipin ja tiivisteiden väliin, mikä nopeuttaisi koneen käyttöä entisestään.

Lisäksi tarrauskoneelle laadittiin Ms Excel -pohjainen KNL-laskuri, jolla voidaan tulevaisuudessa kartoittaa koneen pullonkauloja ja etsiä kehityskohteita. Laskuriin syötetään pyydetyt arvot ja sen perusteella voidaan nopeasti päätellä, mitä KNL-osa-aluetta kehittämällä tarrauskoneen kokonaistehokkuutta saadaan nostettua. Laskurin käyttö jää yrityksen oman harkinnan varaan.

LÄHTEET

1. V.A.V. Group Oy. Saatavissa: <https://www.vav-group.com/>. Hakupäivä 10.3.2019.
2. Tiivisteet. Tampere: NCM Cellfoam Oy. Saatavissa: <https://cellfoam.fi/tiivisteet/>. Hakupäivä 25.3.2019.
3. Kurri, Veijo – Malén, Timo – Sandell, Risto – Virtanen, Matti 2008. Muovituotetekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.
4. Silicone Rubber. 2019. Exonic Polymers. Saatavissa: <https://www.exonicpolymers.com/Articles.asp?ID=266>. Hakupäivä 3.5.2019.
5. Kumi-elastomeerit. Ravelast Oy. Saatavissa: <http://www.ravelast.com/tutkimus-ja-kehitys/kumi-elastomeerit/q.html>. Hakupäivä 7.5.2019.
6. Silikonikumi. V.A.V. Group Oy. Saatavissa: <https://www.vav-group.com/materiaalit/silikonikumi/>. Hakupäivä 14.5.2019.
7. OEE/KNL-tehokkuudenseuranta. 2019. Vantaa: Novotek Corp. Saatavissa: https://www.novotek.com/fi/ratkaisut/oee-knl?gclid=EAlaIQob-ChMlubeJxM2b4gIVwRUYCh26BAoIEAAYASAAEqJlqPD_BwE (linkki Lataa OEE tietopaketti (vaatii kirjautumisen)). Hakupäivä 20.3.2019.
8. Single tube actuator – E linear unit. Move-Tec. Rodless style | Drive + Guide. RK Rose + Krieger. Saatavissa: https://www.rk-rose-krieger.com/fileadmin/catalogue/linear-technik/en/lt_e_en.pdf. Hakupäivä 2.5.2019.

Piilotettu salassapitosyistä

Piilotettu salassapitosyistä