

Teemu Juhola

TEOLLISUUSMUOVIT JA NIIDEN OMINAISUUDET

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2019

TEOLLISUUSMUOVIT JA NIIDEN OMINAISUUDET

Juhola, Teemu
Satakunnan Ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2019
Ohjaaja: Hannelius, Timo , lehtori, SAMK
Sivumäärä: 34
Liitteitä: 2

Asiasanat: Teollisuusmuovit, kestopuovi, kertamuovi, muovihitsaus, pinnoitus

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa yleisimpien muovien käyttöä sekä soveltuvuutta eri teollisuuden käyttötarkoituksiin. Opinnäytetyön tarkoitus on mahdollisesti myös toimia kurssipohjana ammatillisessa materiaalitekniikan kurssin opetuksessa. Lähtökohtana on ollut tuottaa helposti ymmärrettävä tekstiä alaan perehtymättömille. Ymmärrettävyyttä on yritetty korostaa tuomalla opinnäytetyöhön paljon käytännön asioita omien kokemusten pohjalta.

Opinnäytetyön tietolähteet ovat hankittu henkilökohtaisesti työskentelemällä alan huipulla yli kymmenen vuoden ajan monissa erilaisissa teollisuuden kohteissa Euroopassa. Tieto on hankittu muoviasentajakurssilta sekä perinteisellä oppipoikamenetelmällä. Muuta asiatietoa on hankittu alan kirjallisuudesta, jota on vaikeasti saatavilla. Alan perusasiat eivät ole muuttuneet juurikaan vuosikymmeniin, joten lähdekirjallisuuskin on ollut hyvinkin perinteistä.

Tämä opinnäytetyö tuo runsaasti kokeellista tietoa alan teollisuusmuovikurssikokonaisuuksiin parantaen teollisuuden vaatimuksia ja tarpeita. Teollisuusmuoveja ei riittävästi käsitellä nykykoulutuksessa huolimatta siitä, että Suomessa on todella paljon kemian alan teollisuutta.

INDUSTRIAL PLASTICS AND THEIR PROPERTIES

Juhola Teemu

Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

February 2019

Supervisor: Hannelius, Timo, lecturer, SAMK

Number of pages: 34

Appendices: 2

Keywords: Industrial plastics, thermoplastic, thermoset, plastic welding, coating

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to research most common industrial plastics and their properties in industry. The goal was to create easily understandable text that does not need great professionalism to be understood. Understandability was tried to achieve by having a look at real life problems as well as personal experiences.

Real life examples have been collected by working over 10 years in different industrial projects in Europe and by taking part in plastic installation course. The literature review and state-of-the art is obtained both from internet and handbooks. Plastic industry has not been changed for decades so therefore literature is pretty conventional.

The result of this thesis is a ready course material for schools. This material is trying to have a real aspect of actual needs of plastic industry which do not get enough attention at the modern education despite of huge lack of professionals in Finland.

Juhola, Teemu
Satakunnan Ammattikorkeakoulu
Maskin och tillverkningsteknik
Februari 2019
Övervakare: Hannelius, Timo , lektor, SAMK
Antal sidor: 34
Bilagor: 2

Nyckelord: industriplaster, kemiindustri, plastinstallationer, materialteknik

SAMMANDRAG

Meningen av detta ingenjörsarbete var att göra en kartläggning av de vanligaste plasterna och deras lämplighet inom olika användningsområden i industrin. Detta arbete kan vid behov användas som en grund för kurser inom materialteknik. Utgångspunkten har varit att producera en lätt förståelig text för individer, som inte är insatta i branschen. Genom att inkludera mängder med praktiska saker från de egna erfarenheterna blir det lättare att förstå innehållet.

Informationskällan till detta arbete är hämtad genom att personligen ha jobbat inom branschen för mera än 10 år på olika industrier i Europa. Förutom detta har även en kurs inom plastinstallationer avklarats och dessutom genom mera traditionell gesällmentor modell. Resten av informationen är från facklitteratur, vilken är svår att komma över nuförtiden. Eftersom grunderna inte har förändrats genom tiden är källlitteraturen också mycket traditionell.

Med hjälp av denna thesis får studenter bättre praktisk undervisning av industriplaster och lättare anpassa kursinnehållet till de olika behov och krav som finns inom industrin. Dessa krav och behov behandlas inte tillräckligt i dagens skolning fast det i Finland finns massor av kemiindustri.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tutkimusote ja opinnäytetyön rajaaminen.....	7
1.2	Toimeksiantaja.....	8
2	MUOVIT.....	9
2.1	Kesto- ja kertamuovit.....	9
2.1.1	Kestomuovit	
2.1.2	Kertamuovit	
2.2	Muovien yleiset laatuominaisuudet	10
3	TEOLLISUUSMUOVIT.....	12
3.1	Polyeteeni.....	12
3.1.1	Historiaa	
3.1.2	Erityisominaisuuksia	13
3.1.3	Käyttökohteet	
3.1.4	Työstömenetelmät	14
3.2	Polypropeeni	14
3.2.1	Historiaa	
3.2.2	Erityisominaisuuksia	15
3.2.3	Käyttökohteet	
3.2.4	Työstömenetelmät	16
3.3	Polytetrafluorieteeni.....	16
3.3.1	Historiaa	
3.3.2	Erityisominaisuuksia	17
3.3.3	Käyttökohteet	
3.3.4	Työstömenetelmät:	18
3.4	Polyvinyyliidenifluoridi (PVDF)	18
3.4.1	Erityisominaisuuksia	19
3.4.2	Käyttökohteet	19
3.4.3	Työstömenetelmät:	19
3.5	Polyvinyylikloridi (PVC).....	19
3.5.1	Historiaa	19
3.5.2	Erityisominaisuuksia	20
3.5.3	Käyttökohteet	21
3.5.4	Työstömenetelmät	21

4	MUOVIENTYÖSTÄMINEN JA KÄSITTELY	22
4.1	Kestomuovien käsittely	22
4.1.1	Puskuhitsaus	22
4.1.2	Muhvihitsaus	24
4.1.3	Putkiston hitsaaminen langalla	25
4.1.4	Putkihitsaaminen extruutio -menetelmällä	26
4.2	Kertamuovien käsittely	26
4.2.1	Käsinlaminoitu lujitemuoviputkisto	27
4.2.2	Säiliöpinnoitukset	29
4.2.3	Ympäristön suojaus ja välineiden huolto	30
5	KIERRÄTYS JA UUSIOKÄYTTÖ	32
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	

1. JOHDANTO

Muoveja käytetään laajasti teollisuuskäytössä niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Muovien kaksi pääasiallista käyttötarkoitusta ovat kulutuksenkesto vaativissa kohteissa ja syövyttävissä olosuhteissa, joihin ei voida hyödyntää metalliputkistoja / rakenteita. Muoveja on useita eri laatuja ja kaikilla on omat käyttökohteensa sekä erikoisominaisuutensa. Opinnäytetyön liitteenä, ks. liite 1, on luettelo yleisimpien teollisuudessa käytettävien kemikaalien kestävyydestä eri teollisuusmuovilaaduilla.

Teollisuusmuoveja on käytännössä kahta eri päälaatua, jotka ovat kesto- ja kertamuovit.

Valitsin tämän aiheen opinnäytetyöksi johtuen omasta erikoisosaamisestani sekä kiinnostuksestani alaa kohtaa. Lisäksi havainnot opetuksen ja tiedon puutteesta materiaaltekniiikan kurssilla näinkin oleellisesta aiheesta vaikuttivat tämän opinnäytetyön aiheen valitsemiseen.

Opinnäytetyön toissa kappaleessa puhutaan yleisesti teollisuus muoveista, niiden historiasta sekä jaoteltavuudesta ja laatuominaisuuksista. Kolmannessa kappaleessa esitellään yleisimmät teollisuusmuovit sekä niiden käyttökohteet. Neljännessä kappaleessa pureudutaan teollisuusmuovien työstömenetelmiin. Viidennessä ja viimeisessä kappaleessa puhutaan muovien kierrätyksestä ja uusiokäytöstä.

1.1 Tutkimusote ja opinnäytetyön rajaaminen

Opinnäytetyön tutkimusote on kvalitatiivinen eli laadullinen. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa pyritään analysoimaan aihetta ja kehittämään siitä päätelmiä omien pohdintojen ja tietämyksen avulla. Kvalitatiivisen tutkimusmenetelmän aineistonkeruumenetelmiä ovat muun muassa haastattelut ja havainnot. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara, 2006.) Tämä opinnäytetyö ei käsittele polyuretaaneja, koska ne eivät suoranaisesti ole teollisuusmuoveja. Polyuretaania käytetään pääsääntöisesti kulutusta sekä värinänvaimennuksia hyödyntävissä kohteissa, mutta niitä ei muulta osin hyödynnetä teollisuudessa samoissa kohteissa kuin mitä kerta- ja kestopuoveja.

1.2 Toimeksiantaja

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana on Satakunnan Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyöstä pyritään luomaan helposti ymmärrettävällä kielellä kirjoitettua kurssimateriaalia materiaalitekniikan kurssille. Tätä opinnäytetyötä voidaan myös soveltaa ammattikoulutus-opintosuunnitelmaan materiaalitekniikan osalta. Muovitekniikan opetustarjonta toimeksiantajalla on tällä hetkellä vähäistä, vaikkakin osaajista on huutava pula.

2. MUOVIT

2.1 Kesto- ja kertamuovit

2.1.1 Kestomuovit

Kestomuovit ovat uudelleen lämpömuovattavia muoveja, joita voidaan jälleenkäyttää lähes rajattomasti. Kestomuovien käyttö lähti hurjaan kasvuun, kun opittiin polymeroimaan raakamuovia 1900-luvun alkutienoilla. Kestomuovien voittokulkua on kiihdyttänyt kemian alan kehitys ja ymmärrys haluttujen ominaisuuksien saamiseksi kemiallisilla yhdisteillä.

2.1.2 Kertamuovit

Kertamuoveja käytettiin puristemassana yleisesti jo 1930-luvulla. Bakeliitista eli formaldehydistä valmistettiin paljon käyttöesineitä kuten radioita, puhelimia sekä wc-istuimia. Vähitellen kestopuolit syrjäyttivät kertapuolit lähes kokonaan.

Kertapuovin muovaaminen muoviksi on kemiallinen reaktio, jossa nestemäistä kovettumatonta hartsia sekoitetaan kovettimien ja sideaineen kanssa haluttuun muotoonsa.



Kuva 1 Lujitemuoviputkistoja

2.1.3 Muovien yleiset laatuominaisuudet

Eri muoveilla on erilaisia fyysisiä ominaisuuksia. Muoveilla vertailtavia ominaisuuksia ovat kovuus, lämmönjohtavuus, kylmä- ja kuumataipuminen, lämpölaajeneminen, lämmön- ja kylmänkesto ym. Taulukossa 1. on vertailtu kahta erityylistä muovilajia niiden fyysisten ominaisuuksien erojen perusteella. Kuten vertailutaulukosta havaitaan, on eri teollisuusmuoveilla suuria fyysisiä eroja. Täten kuhunkin käyttökohteeseen tulee painottaa materiaalitietoisuutta niiden valinnassa.

Taulukko 1. Vertailu kahden erityylisten muovien fyysisistä ominaisuuksista (Järvinen 2017, 33.)

Lyhenne		Polyeteeni	PVC
Tiheys	g/cm ³	0,952	1,43
Vetokimmokerroin	MPa	1000	3000
Vetolujuus	MPa	21	48
Murtovenymä	%	120	145
Sulamislämpötila	°C	115-135	100-260

3. TEOLLISUUSMUOVIT



Kuva 2 Lujitemuovipääällystettyjä kestopuoviputkistoja.

3.1 Polyeteeni

Polyeteeni eli polyetyleni (PE) on yksi yleisimmistä, yksinkertaisimmista sekä halvimista käyttömuoveista. Polyeteeni on todella monikäyttöinen useissa erilaisissa käyttökohteissa. Polyeteeniä on pääasiassa kahdenlaista päälaatua, joita ovat PE-HD ja PE-LD. PE-LD, eli polypropeeni Low Density tarkoittaa pehmeämpää pienitiheyksistä muovia, josta valmistetaan muun muassa muovipusseja. PE-HD, High Density on taas suuritiheyksistä ja kovaa muovia, jonka ehkäpä tunnetuimpia käyttökohteita ovat juomavesiputket, muoviset käyttöesineet ja muun muassa lasten lelut. Polyeteeni on helppo kierrättää ja sen kierrätys toimii länsimaissa todella tehokkaasti. Kierrätetystä teollisuusmuovista tehdään tavallisesti granulaattia, joka voidaan ekstruusiolla muokata haluttuun uusiomuotoon. (Järvinen 2008, 28.)

3.1.1 Historiaa

Polyeteenin syntetisoi saksalainen kemisti nimeltään Hans Von Pechmann, joka valmisti sen vahingossa yrittäessään valmistaa diatsometania vuonna 1898. Teollisesti

suuremmassa mittakaavassa polyeteeniä (PE-LD) aloitettiin valmistaa vuonna 1939. Sen ensimmäinen käyttökohde oli kaapeleiden pinnoitus. (Järvinen 2008, 28.)

3.1.2 Erityisominaisuuksia

Polyeteenin hyviä puolia ovat hyvä kemikaalinkestävyys, alhainen lämmönkestävyys, hyvä sähköneristys, sitkeys, matalakitkainen pinta, helppo lämpökäsiteltävyys, elintarvikekelpoisuus, vettä kevyempää ja helppo ekstruusiotyöstettävyys. Huonoina puolina mainittakoon, että se on huono kestämaan väkeviä happoja, työstettäessä syntyy sähköistä pölyä, joka on todella vaarallista räjähdysvaarallisissa (ex) tiloissa, sekä maalin ja liiman tarttumattomuus ja läpisuotautuminen. (Järvinen 2008, 28.)

3.1.3 Käyttökohteet

Polyeteenillä on lähes rajattomat käyttömahdollisuudet ja -kohteet. Kotitalouksissa käyttökohteita on rajattomasti astioista leluihin. Keittiötarvikkeena se on lyömätön sen pintaan tarttumattomuuden, iskusitkeyden ja pesunkeston ansioista. Ulkokäytössä se on myös vertaansa vailla auringonvalon ja pakkasenkestonsa takia. Polyeteeni siis näyttelee jokapäiväisessä elämässämme muoveista isointa osaa. Sitä käytetään myös yhdistelmärakenteissa monien eri materiaalien kanssa, jokapäiväisimpänä ehkä maipurkin kartongin sisäpinnoitteena. Teollisuudessa sitä käytetään pääasiassa levy, tanko ja putkimateriaalina. Niiden etuina on helppo muokattavuus uudelleen ja uudelleen, mistä tulee niiden pääryhmän nimi kestopuovit, sekä halpa hinta ja yleinen saatavuus. Myös rakennusteollisuus käyttää yleisesti polyeteeniä sen ominaisuuksien takia. (Järvinen 2008, 28.)

3.1.4 Työstömenetelmät

Polyeteeni on kiitollinen kaikille työstömenetelmille, kuten sorvaus, leikkaus, poraus ja hionta. Polyeteeniä liitetään toisiinsa kuumakäsittelyllä, kuten esimerkiksi pusku-, muhvi-, ekstruutio-, lanka- ja kitkahitsauksella. Polyeteenin paistolämpötila on suhteellisen alhainen, eli noin 235 - 250 °C. Polyeteenin ehdottomana kuumakäsittelyvaatimuksena on kuiva, rasvaton ja puhdas pinta.

3.2 Polypropeeni

Polypropeeni eli polypropyleeni lyhenteeltään PP on erittäin yleinen teollisuus- ja monikäyttötalousmuovi. Sitä käytetään teollisuudessa hyvin paljon erinomaisen korroosionkesto-ominaisuutensa takia. Polypropeeni on kustannustehokas teollisuusputkimateriaali sen korroosionkeston ja hinnan takia. Polypropeenin hinta seuraa hyvinkin tarkasti polyeteenin hintaa, jotka kumpikin taasen ovat öljymarkkinoiden hinnanseuraajia. Sellaisissa korroosionkestoa vaativissa paikoissa, joissa haponkestävä teräs (A4) syöpyy jo viikossa, niin polypropeeniputki saattaa kestää samassa paikassa yli kymmenen vuotta. Teollisuudessa polypropeenin yleisin kauppaväri on beige. (Järvinen 2017, 34.)

3.2.1 Historiaa

Polypropeeni keksittiin 20 vuotta polyeteenin viimeisen kehitysversion jälkeen vuonna 1951. Polypropeeni jäi polyeteenin varjoon noin 80-luvulle asti. Siihen asti se tunnettiin ”polyeteenin kaltaisena muovina, mikä ei kestä pakkasta”. Sillä kuitenkin todettiin olevan paremmat työstömahdollisuudet kuin polyeteenillä, joten sen kylmänkesto-ominaisuuksia alettiin kehittää. Vuosien saatossa siitä on tullut Euroopan toiseksi käytetyin muovi polyeteenin jälkeen. (Järvinen 2017, 34.)

3.2.2 Erityisominaisuuksia

Polyeteenin erikoisominaisuuksia ovat kemikaalien kestävyys, sähköneristävyys, helppo lämpömuokattavuus, edullinen hinta, elintarvikekelpoisuus, hyvä työstettävyys ja vettä kevyempi paino. Polypropeeni kestää jatkuvaa nestepainetta noin 60 °C:een saakka, joten se ei kestä sitä kuumempia nesteitä paineessa. Heikkoutena ovat myös läpisuotautuminen ja todella huono auringonvalon sietäminen. Paljas PP-muovi menee auringonvalossa nopeasti (noin 3-4 vuodessa) pinnaltaan jauhemaiseksi. Myös väkevien happojen sietokyky on heikko. Polypropeeni on polyeteenin ohella heikosti liimattavissa ja maalattavissa, mutta kääntöpuolena edellä mainittuihin ominaisuuksiin on se, että kumpikin muovilaatu on erinomaisia muottimateriaaleja esimerkiksi betonivaluille ja lujitemuoveille. (Järvinen 2017, 35.)

3.2.3 Käyttökohteet

Polypropeenin käyttökohteet ovat polyeteenin kanssa lähes rajattomat. Siitä valmistetaan muun muassa kuituja, kalvoja, ruiskuvalettuja pakkauksia, putkia, levyjä ja autosia. Polypropeenikuidut ovat tuttuja esimerkiksi matoista, säkeistä ja vaatteista. Polypropeeni on hyvä urheilu- ja työvaatemateriaali, koska se on vettä imemätön materiaali. Kalvoja käytetään esimerkiksi maitopurkin kartongin sisäpinnoitteena. Polypropeeni on pinnoitteena verraton, koska se on elintarvikemuovi ja sekajätteen seassa poltettavissa. Putkina ja levyinä sitä käytetään teollisuudessa hyvän korroosionkeston vuoksi, mutta heikkoutena mainittakoon sen murtuminen vanhetessa tai uv-valolle altistuessa. Heikkoutena on myös suhteellisen matala lämpötilan kesto putkistoissa nesteille, jotka ovat yli 65 °C paineesta riippuen. Kyseisessä lämpötilassa putki ei sula vaan menettää ryhdikkään muotonsa. Autosissa se on yleinen ABS-muovilaadun kanssa. Niistä tehdään auton puskureita ja sisäosia. Jotkin autonvalmistajat valmistavat niistä jopa lokasuojia ja muita niin sanottuja peltiosia, koska ne kestävät korroosiota. Autoteollisuudessa polypropeenin vahvuus on kestää ääriolosuhteita, eli kovaa pakkasta ja kuumia olosuhteita. (Järvinen 2017, 36.)

3.2.4 Työstömenetelmät

Polypropeenin työstömenetelmät ovat samankaltaiset polyeteeniin nähden, joten se on kiitollinen kaikille työstömenetelmille, kuten sorvaus, leikkaus, poraus ja hionta. Polypropeenia liitetään toisiinsa kuumakäsittelyllä, kuten esimerkiksi pusku-, muhvi-, ekstruusio-, lanka- ja kitkahitsauksella. Polypropeenin paistolämpötila on suhteellisen alhainen, eli noin 235 - 250 °C. Polypropeenin ehdottomana kuumakäsittelyvaatimuksena on kuiva, rasvaton ja puhdas pinta.

3.3 Polytetrafluorieteeni

Polytetrafluorieteeni (PTFE) tunnetaan paremmin termillä Teflon. Teflon kuuluu kestopuoveihin, vaikkakaan se ei ole normaalien kestopuovien tapaan käsiteltävissä, koska sen sulamislämpötila on 330 °C. Yleensä Teflon-osat valmistetaan painemuotissa pienemmällä lämpötilalla pidemmällä puristusajalla. Teflon on hyvin liukasta ja pinnaltaan tarttumaton. Teflon on hyvin painavaa verrattuna muihin yleisiin kestopuoveihin sekä se on myös suhteellisen kallista. Teflonin yleisin kauppaväri teollisuuteen on vitivalkoinen. (a Filtration Group company [www-sivut](#) 2019).

3.3.1 Historiaa

Polytetrafluorieteenin keksi DuPontin tutkija Roy J. Plunket vuonna 1938. Plunket keksi tämänkin muovin sattumalta, kun hän yrittäessään etsiä uusia jäähdytysaineita pumppasi fluoripitoista kaasua kaasupulloon. Avatessaan venttiilin hän huomasi, ettei kaasupullosta tullut mitään ulos, joten hän leikkasi kaasupullon halki huomataksseen, että kaasupullo oli täynnä valkoista jauhetta. Rautapullon rauta oli toiminut katalyyttinä. Teflon -kauppanimi rekisteröitiin vuonna 1944. (a Filtration Group company [www-sivut](#) 2019).

3.3.2 Erityisominaisuuksia

Teflon on yksi parhaita aineita maailmassa kemialliselta kestoaltaan. Teflon reagoi ainoastaan fluorin, klooritriluoridin ja alkaalisulatteiden kanssa. Teflon on palloventtiilin pallomateriaalina lähes täydellinen, koska sen liukukitka on matala, se tiivistää hyvin ja kestää lähestulkoon mitä kemikaaleja tahansa. Polytetrafluorieteenillä on pienin tunnettu kitkakerroin metallia vasten, joka on 0,04. Pieni kitkakerroin johtuu teflonin vahamaisesta rakenteesta. Polytetrafluorieteeniä ei voi sen hyvän kemiallisen keston vuoksi pehmittää ulkoisilla pehmittimillä. Teflon on myös hyvä elintarvikemuovi, koska siitä ei liukene alle sulamispisteensä olevissa lämpötiloissa vaarallisia yhdisteitä. Teflonin kalliista hinnasta huolimatta se on usein halvin mahdollinen ratkaisu johtuen sen ylivertaisesta kemiallisesta ja mekaanisesta kestopa. (a Filtration Group company www-sivut 2019).

3.3.3 Käyttökohteet

Polytetrafluorieteenillä on lähes rajattomasti käyttökohteita, kuten liukulaakeri. Se on hyvä liukulaakerimateriaalina paikassa, minne ei pystytä järjestämään voitelua. Kemiallisen keston vuoksi se soveltuu putkistojen pinnoitukseen. Putkistojen pinnoitus tehdään samalla tavalla kuin raudan pulverimaalaus, eli staattisen sähkön avulla ruiskutetaan putken sisäpinta teflon-jauheella ja kuumennetaan uunissa niin, että teflon sulaa raudan pintaan kiinni tiiviiksi ja läpäisemättömäksi pinnoitteeksi. Paistinpannujen ja kattiloiden pinnoitteena se on ylivertainen, koska se estää korroosion, ruoan kiinnipalamisen ja mahdollistaa astianpesukoneessa pesemisen sekä helpon puhdistamisen. Teollisuudessa on paljon politetrafluorieteenistä valmistettuja sovitepaloja esimerkiksi siirryttäessä erimuotoisesta laippapinnasta toiseen. Myös laippatiivistemateriaalina se on verraton. Teflonista valmistettu jääkiekko liukuu jopa asfaltilla siististi ja tasaisesti.

3.3.4 Työstömenetelmät

Teflon on ehkäpä kaikista kestopuoveista kiitollisin työstää kaikilla työstömenetelmillä. Teflonin kovuuden ja ominaispiirteisen niin sanotun haurauden ansiosta sitä pystyy jopa terävällä puukolla vuolemaan pitkiä vetoja, mikä taasen ei onnistu muilla kestopuoveilla.

3.4 Polyvinyylideenifluoridi (PVDF)

Polyvinyylideenifluoridi eli PVDF on yleinen teollisuuskestomuovi. PVDF on huomattavasti kovempi kuin polyeteeni tai polypropeeni. Sitä käytetään sellaisissa kohteissa, joissa vaaditaan hyvää kemiankestoa ja lämmönsietokykyä. PVDF kuuluu niin sanottuihin fluorimuoveihin, joita ovat muun muassa PCTFE, PTFE ja FEP. PVDF on suhteellisen uusi muovilaatu, koska se on kehitelty vasta vuonna 1969. PVDF on erittäin kova materiaali, joka aiheuttaa hyvin tarkat työstöolosuhteet. Se on myös hyvin kallista ja sen takia kohteissa käytetään yleensä polypropeenä tai polyeteeniä, jos vain vaatimukset sen sallivat. Kauppaväriä on yleensä läpikuultavan valkoinen, mutta hitsauslankaa saa myös vaaleanpunaisena, mikä helpottaa hitsausseaman näkymistä. PVDF-putki on lähes aina lujitemuovipinnoitettua, koska PVDF-putki sisältää yleensä kemikaalilain alaisia syövyttäviä tai myrkyllisiä aineita. Myös putken seinämä on yleensä ohuempaa kuin muilla teollisuusmuoviputkilla, koska muovi on kallista. Vastaaviin vaatimuksiin tarvittaviin kestopuovipinnoituksiin käytetään yleensä samaan sukupuuhun kuuluvaa FEP-muovia, mutta se vaatii aina lujitemuovisen rungon, johon se laminoidaan kiinni toisella puolella olevaan muovinukkaan. FEP on fluorimuovi, joten se on todella myrkyllistä ja hankalaa hitsata. FEP on teollisuusmuoveista kalleimpia, kun esimerkiksi 3:n millimetrin paksuinen neliö maksaa noin 1500 euroa. (a Filtration Group company www-sivut 2019).

3.4.1 Erityisominaisuuksia

PVDF:n rakeisuus on noin 50-60%, joten se on hyvin kovaa. Kovuudesta huolimatta se on myös hyvin sitkeää. PVDF- putki kestää todella hyvin niin kovia emäksiä kuin happojakin, ja myös lämmönkesto on omaa luokkaansa - jopa sataan asteeseen saakka paineesta riippuen. (a Filtration Group company www-sivut 2019).

3.4.2 Käyttökohteet

PVDF:ä käytetään pääasiassa prosessiputkistoissa. Sen sitkeyden takia sitä seostetaan esimerkiksi kalastussiimoihin. Se toimii myös kuumiin paikkoihin hyvänä eristeenä sähköjohdoille sen hyvän lämmönjohtumisen eston takia. Siitä voidaan tehdä myös säiliöitä, mutta levy on hyvin jäykkää taipumaan.

3.4.3 Työstömenetelmät

PVDF on kiitollista työstää, mutta kuten muutkin teollisuusmuovit, se vaatii todella terävät työkalut. PVDF on kaikista muoveista tarkin puhtaudesta, mistä johtuen niille suositellaan käytettäväksi vain PVDF-muoville varattuja ”puhtaita ja uusimpia” paistotyökaluja. Hitsattavat kohteet suositellaan puhdistettavan Sinolilla ennen hitsausta. PVDF:n hitsaus lämpötila on hieman korkeampi kuin polyeteenillä ja polypropeenillä, eli noin 250 - 270 °C. Huomioitavaa on, että paistettaessa PVDF-putkien päiden sula jähmettyy hyvin nopeasti, joten se vaatii erityistä huomiota ja osaamista.

3.5 Polyvinyylikloridi (PVC)

Polyvinyylikloridi tunnetaan paremmin nimellä PVC. PVC on vanhin kestopuovi. Se on hyvin käyttökelpoinen kestopuovi, koska sitä saa useassa eri kovuudessa kummimaisesta kalvosta aina hyvin kovaan aineskovuuteen asti. PVC on vanha materiaali, mutta se on yleistynyt paljon, koska sillä on samankaltaisia ominaisuuksia niinkin

tavallisten ja perinteisten rakennusmateriaalien kanssa, kuin savi, puu, betoni ja tiili. Teollisuudessa PVC -putkien ja levyjen kauppaväri on tummanharmaa. PVC oli hyvinkin yleinen putkimateriaali teollisuudessa ja kotitalouksissa sen halvan ja asennuskätevyuden takia. Valurautaviemäriputkien poisjäännin myötä PVC korvasi viemäriputkimateriaalina edellisen. Nykyään viemäriputket ovat olleet noin 35 vuotta polypropeenaa, mutta silti kansankieleen on harmaasta muoviviemäriputkesta jäänyt elämään nimitys PVC-viemäriputki. (Järvinen 2017, 40.)

3.5.1 Historiaa

Polyvinyylikloridi keksittiin jo 1800-luvulla niin sanottuna vahinkokeksintönä, kuten monet muutkin kemikaalit ja muovit. Keksijänä oli vuonna 1838 ranskalainen Henri Victor Ragnault, joka oli jättänyt pulloon polyvinyylikloridia, joka uv-valossa reagoi PVC:ksi. Vuonna 1912 PVC:tä alettiin jalostaa käyttöön, mutta se yleistyi räjähdysmäisesti 1930-luvulla, kun alettiin ymmärtää sen kemiallista ja rakenteellista hienosäätöä. Aluksi PVC oli myös hyvin paloherkkää, mikä vaikutti käytön alkuinnostukseen hillitsevästi. (Järvinen 2017, 40.)

3.5.2 Erityisominaisuuksia

Polyvinyylikloridi eli PVC on vedenpitävä, joten se soveltuu lukemattomiin eri käyttökohteisiin. PVC on lähtökohtaisesti hyvin kovaa muovia, mutta sitä voidaan pehmittää pehmittimillä, joista yleisimpiä ovat ftalaatit. Pehmittämällä PVC:tä siitä saadaan valmistettu elastisia kalvoja. PVC:n kiteisyysaste on vain noin 5-10%. PVC -teollisuusputkistot ja -levyt ovat hyvin kovia ja suhteellisen taipumattomia. Karhennettuna PVC tarttuu hyvin lujitemuovisiin kohteisiin vinyyliesterihartsiliimauksella (oma kokemus). PVC on hieman hankala muovi, koska se ei siedä hirveästi räsitusta kylmänä. On olemassa teollisuudesta tapauksia, että talvella kovassa pakkasessa asennettaessa PVC:stä valmistettua säiliötä se saa osuman, jolloin säiliö on särkynyt pirstaleiksi. PVC on myös huonosti palavaa, joten sitä käytetään sähköeristeinä paikoittain estämään sähköpalojen alkua. PVC on suhteellisen hyvin maalattavissa, jos pinta on käsitelty tartunta-aineella.

3.5.3 Käyttökohteet

PVC:stä valmistetaan muun muassa putkia, levyjä, sadetakkeja, asusteita, laukkuja, sähköeristeitä, pressuja ja käyttötavaraa. Vaikka teollisuudesta PVC on jäänyt paljon taka-alalle, vesienkäsittelylaitoksissa ja uimahalleissa se on hyvinkin yleinen hintansa sekä yksinkertaisen ja vuotovarmen liitosmekanisminsa ansiosta. (Järvinen 2017, 43.)

Ympäristö- ja terveysvaikutuksiltaan polyvinyylikloridi on sekä erinomaisen hyvä että sanoinkuvaamattoman viheliäisen kestopuovi. Hyvää on se, että se on halpaa ja helppoa asentaa, ja viheliäistä on sen hävittäminen. Ongelmalliseksi PVC:n hävittämisen tekee sen, että sitä ei voi polttaa normaalin yhdyskuntajätteen mukana sen sisältämän kloorin vuoksi. Poltettaessa kloorista syntyy myrkyllisiä ja polttolaitosten savukaasunpesurijärjestelmiä tuhoavia syövyttäviä kaasuja. PVC:n polttamisessa muodostuu vetykloridia. PVC:n polttamiseen soveltuvia laitoksia ei ole montakaan, joten PVC-jäte pitää kuljettaa kaatopaikalle. Myös pehmentimiin käytettävää ftalaattia on epäilty aiheuttavan hedelmättömyyttä. Juomavesiputkina ei käytetä PVC:tä. (Järvinen 2017, 42.)

3.5.4 Työstömenetelmät

PVC on kovuutensa ansiosta kiitollista työstää mekaanisesti. Kaikkien muovien ohella PVC:tä työstettäessä esimerkiksi sorvilla pitää terien olla uusia, koska ensiarvoisen tärkeää on tevävyys. PVC-muovia voi myös jossain määrin kuumakäsitellä uuteen muotoonsa. Päinvastoin, kun valtaosaa teollisuusmuoveista kuumaliitetään, PVC:n liitosmekanismi on liimaaminen. PVC-putkistot rakennetaan vain ja ainoastaan liimaamalla ja muhviosin. Liitettävät pinnat karhennetaan ja puhdistetaan erityisellä Tangit-puhdistusaineella, mutta myös asetonilla käy. Puhdistusaineet hieman pehmentävät pintaa, johon sivellään Tangit-liima. Liitos käy yksinkertaisesti painamalla putki muhvin sisään odottelemaan liiman jähmettymistä. PVC on myös lankahitsattavissa, mutta erityisen hankalaa hyvin tarkan hitsauslämpötilansa takia.

4. MUOVIEEN TYÖSTÄMINEN JA KÄSITTELY



Kuva 3 Merivesiputkiston valmistamista hiilivoimalassa.

4.1 Kestomuovien käsittely

Kestomuoviputkistojen hitsaaminen on yleisesti ottaen hyvin varma liitosmenetelmä. Putkistohitsausmenetelmiä on käytössä useita. Yleisimpinä pidettäneen pusku-, lan-ka-, extruusio-, muhvi- ja sähkömuhvihitsauksia. Yleisimmät kestopuovilaadut eivät ole liimattavissa pois lukien pvc-muovi, joka on todella huonosti hitsattavissa johtuen sen kovasta ja todella kapea-alaisesta hitsauslämpötila-alueesta.

4.1.1 Puskuhitsaus

Puskuhitsaus on ylivoimaisesti yleisin kestopuovien putkiliitosmenetelmä. Menetelmä on hyvin yksinkertainen ja helpoimmin sen ymmärtää, kun kaksi putken päätä lämmitetään kaksipuolista paistopeiliä vasten, jossa on sisällä termostaatilla toimiva lämmityselementti, joka on säädetty aina kyseisen kestopuovilaadun omaan määri-

teltyyn puskuhitauslämpötilaan. Yleisimmät puskuhitaavat muovit ovat: polypropeeni, polyeteeni ja polyvinyylideenifluoridi, joka tunnetaan paremmin nimellä PVDF. Kestomuovien hitsauksen tärkeimpiä päättäispuskuhitausten suureita ovat lämmityselementin lämpötila, lämmityksen aikainen päättäispuristuspaine ja jälkijäähtyminen. Yleisin puskuhitausmenetelmä on niin sanottu hitauspöytäkone, jossa on edestakaisin liikuteltavat länget, joihin asennetaan pienennyslevyt hitsattavan putkikoon mukaan. Länkiä pystytään hieman pyörittämään niin sanotun ”ryssänvinkkelin” saamiseksi, jos tilanne sitä vaatii. Sivuttaisliukumaa hallinnoidaan yleensä taivutettavalla aisalla tai pienellä kierrettävällä ruorilla. Koneessa on puristusvoimaa ilmoittava asteikko, jossa on ilmoitettu halutun muovilaadun standardoitu puristusvoima sulatettaessa ja liitettäessä. Myös hydraulisia paistokoneita on, mutta se ovat tarkoitettu hyvin suurille putkille, joissa seinämävahvuus on jo useampia kymmeniä millimetrejä. Paistokoneessa on myös putkien väliin asennettava pyöröhöylälaitte, joka tasaa kummankin putken päät tasaisiksi toisiinsa nähden ja puhdistaa putkien liitospinnat. Putkien päiden sorvauksesta tuleva höylän poistama putken pituushäviö tulee huomioida mittauksessa. Yleisesti ottaen häviö on alle 160-millimetrisissä putkissa suorassa paistoksessa noin 5-10 millimetriä. Itse kestomuovin puskuhitaustoimenpide on hyvin yksinkertainen. Putket ovat toisiaan vasten längissä kireästi paikoillaan toisiaan vasten. Seuraava vaihe on putkien päiden sorvaaminen tasaisiksi toisiaan vasten ja samalla puhdistuu päät. Sitten hammastuksen tarkastamisen ja mahdollisen poistamisen jälkeen laitetaan väkiin kaksipuolinen hitauselementti, eli hitauspeili. Hitauspeili on PTFE, eli teflon-päällystetty estämään muovin tarttumisen paistopeiliin. Hitauspeili on tarkimmin varjeltu työkalu kestomuovitöissä, se on yleensä suojakotelossa, jotta sen teflon-pinta säilyisi naarmuttomana ja puhtaana. Vähintään kerran päivässä olisi suositeltavaa puhdistaa paistopeilin pinnat Sinolilla tai muulla alkoholipohjaisella puhdistusaineella. Puskupaistaminen, kuten muutkin hitausmenetelmät eivät siedä yhtään vettä tai rasvoja hitauspinnoilla. Myös lujitemuovipäällysteisten putkien niin sanotut katkolasikuituhaivenet paistoliitoksen välissä aiheuttavat vuotokohdan. Haivenvuotojen välttämiseksi tulisi pyrkiä lasikuitupäällystyskohteen pitämistä erillään paistokohteesta mahdollisuuksien mukaan. Kaikkien näiden edellä mainittujen tarkastusten jälkeen laitetaan paistopeili oikeassa lämpötilassa ollessaan putkien väliin ja asetetaan oikea paine ja annetaan muodostua sopiva sulapurse putken ulkopintaan. Noin kahden millimetrin korkuinen siisti purse on sopiva. Purseen muodostuttua liu’utetaan putken päät erilleen paistopeilistä ja poiste-

taan peili välistä. Sen jälkeen putkenpääät painetaan toisiaan vasten rauhallisesti määrättyyn jäähtymispaineeseen. Jäähtyminen pitää antaa tapahtua rauhallisesti. Nyrkissäntönä vanhemmat asentajat pitävät milli ja minuutti, mikä tulee seinämävahvuudesta. Jäähdyttyä putken ulkopinnalle jää purse, joka voidaan poistaa tai jättää paikalleen. Yhdistelmäputkessa, missä on lasikuitupinnoitus, mikä pitää laminoida paistokohdalta, kannattaa purse poistaa laminoinein helpottamiseksi. Huomattavaa on, että lasikuitupinnoittamattomasta putkesta poiketen pinnoitetusta putkesta pitää lasikuitua kuoria kestopuovin päältä noin 7 senttimetriä paistamisen mahdollistamiseksi ja karhentaa toiset saman verran sauman lasikuitupinnoituksen tarttumiseksi. Jokaisessa pinnoitetussa saumassa tulee olla päivämäärä, laminoitsijan jäljittämistunnus, toimijafirma ja lasikuituvahvikkeen standardinumero. Kenttäasennuskohteissa, joihin on yleensä hankalampi viedä suurta paistokonetta, voidaan käyttää pientä asennuskonetta, joka on hyvin paljon yksinkertaisempi, mutta toimintaperiaatteeltaan samanlainen, mutta huomattavasti kevyempi ja pienempi. Joskus ahtaissa asennuskohteissa laitteen joutuu purkamaan saadakseen sen ahtaasta välistä pois paiston valmistuttua. (Vink Finland Oy 2017. 1264).

4.1.2 Muhvihitsaus

Muhvihitsaus on valtavan varma menetelmä, ehkäpä jopa kaikista muovihitsausmenetelmistä varmin. Muhvihitsausmenetelmiä on pääpiirteittäin kahdenlaisia, jotka ovat muhviarasarahitsaus ja sähkömuhvihitsaus. Sähkömuhvihitsausta käytetään yleisesti kiinteistöjen tulevan veden linjastoissa sen varmuuden takia. Sähkömuhvihitsauksessa kestopuoviputkisto on lähes aina polyeteeniä. Putken puhdistetut päät työnnetään sähkömuhviliittimen kummastakin päästä muhvin keskelle ja asennetaan päätteen johdot muhvin ulkopuolisiin liittimiin, jotka johtavat virran muhvin sisällä olevaan lämpövastukseen. Älypääteen logiikka ja anturit ilmoittavat, kun putki on paisunut ja antaa siitä joko digitaalisen tai printtiraportin. Muhviarasarahitsaus on täysin erilainen toimenpide, kuin sähkömuhvihitsaus, vaikka periaate on sama. Muhviarasara itsessään on hyvin samankaltainen kuin paistopeili, jossa on myös lämmitettävä elementti. Muhviarasaran erona on, että elementti lämmittää kummallekin puolelle läpipultilla liitettäviä uros- ja naaraspuoleisia teflon-päällysteisiä muhvihitsauskok-

kareita. Kokkareita vaihdetaan vaaditun putkikoon mukaan elementtiin. Muhvi-vasarahitsauksen periaate on hyvinkin samanlainen kuin PVC -putkistojen jatkaminen. PVC -menetelmässä käytettävän liiman sijaan liittyminen tapahtuu muhvi-vasaran aiheuttaman sulan avulla. Yksinkertaistettuna liitoskappaleen sisään työnnetään urospää, joka sulattaa liitoskappaleen sisäpinnan sulaksi, kun taas putkenpää työnnetään naaraskappaleen sisään, joka taas lämmittelee putken ulkopinnan sulaksi ja pinnat yhdistetään työntämällä ne sisäkkäin. Muhvivasarahitsaus on hyvin yleinen kestopuovisäiliöiden pintoihin tehtävien läpivientien menetelmänä. Jos esimerkiksi päällysmitaltaan 32-millimetrinen putki liitettäisiin säiliön kylkeen, tulisi reikäsahan olla 29-millimetritinen, jotta saataisiin riittävä sulaliitospinta. (Vink Finland Oy 2017. 1254).

4.1.3 Putkiston hitsaaminen langalla



Kuva 4 Kestomuovinen putkisauman pohja hitsattu langalla ja sauma odottamassa lasikuidutusta.

Kuumailmapillillä ohutlangalla hitsaaminen on yleinen toimenpide ohuissa ja epämääräisen kokoisissa putkissa. Pillissä on läpivetosuutin, jonka läpi lanka kulkee ja pilli puhalttaa kuumaa ilmaa sulattaen emämateriaalia ja lankaa. Suositeltavaa olisi heftata erillisellä heftisuuttimella muutamasta kohtaa liitoskohdista, jotta putki ei vetele hitsauksen aikana. Kyseiset pillihitsattavat putket ovat yleensä paineettomia hönkäkaasu- tai ilmastointiputkia. Menetelmässä asennetaan kaksi samankokoista putken päätä toisistaan noin millin etäisyydelle toisistaan ja hitsataan läpivetosuuttimella väli umpeen. Suositeltavaa olisi kiertää sauma langalla vähintään kolmasti varmuuden vuoksi. Myös tässä menetelmässä pinnat ja lanka tulee ehdottomasti olla puhtaita, kuivia ja rasvattomia.

4.1.4 Putkihitsaaminen extruusio -menetelmällä

Hyvinkin paksuja ja vahvaseinäisiä putkia hitsataan yleensä extruuderilla. Extruder on huomattavasti suurempi laite kuin hitsauspilli ja erilainen toimintaperiaatteeltaan. Extruuderin menevä lanka murskautuu laitteen sisällä sulaksi muoviksi. Sula muovi tulee tapauskohtaisen teflonista muotoillun liittimen läpi hitsauskohteeseen extruderin puhaltaessa hitsauskohteeseen kuumaa ilmaa, kuten pillihitsauslaittekin. Vahvassa putkisaumassa olisi suotavaa hitsata ohuemmalla langalla pillillä juurisäuma. Putki tulee olla seevattu noin 4/5 osan matkana alalta seinämävahvuudesta. Extruusio -menetelmää käytetään myös suurten putkien t-haarojen ja istutusten tekemisessä.

4.2 Kertamuovien käsittely

Kertamuoveja käsitellään erilailla, kuin kestopuoveja, koska ne eivät ole uudelleenmuotoiltavissa lämmön avulla. Kertamuovien käsittelyssä käytetään hyvin perinteisiä työkaluja, kuten esimerkiksi kulmahiomakonetta ja maalaustelaa.

4.2.1 Käsinslaminoitu lujitemuoviputkisto



Kuva 5 Kertamuovinen putkisauma ennen juurisauman tekoa.

Lujitemuoviputkistot ovat teollisuudessa yleisiä korroosionkeston ja suhteellisen helpon asentamisen takia. Kansankielellä lasikuituputkistoja on kahdenlaisia, eli niin sanottu yhdistelmäputkistoja ja puhtaita lasikuituputkistoja. Yhdistelmäputkistoissa on kestumuviputki päällystetty kelaamalla sen pintaan lasikuitukerros jäykistämään ja lisäämään painekestoa. Toinen päälaji on puhdas lasikuituputki, missä ei ole ollenkaan kestumuvisisusta. Puhdas lasikuituputki on yleisempi suuremmissa putkikokoluokissa, koska kestumuviputki on niissä seinämävahvuudeltaan jo hyvin paksua, mikä vaikuttaa asentamisen hankaluutena, painona ja hintana. Laminointilämpötilan tulisi olla lähellä 20 °C, mutta kylmemmissä olosuhteissa kuumailmapuhaltimella lämmittämällä voidaan laminoida jopa pakkasessa. Kuumissa ja aurinkoisissa olosuhteissa pitää huomioida paljon nopeampi kovettuminen. Kuumissa ja aurinkoisissa olosuhteissa pitää huomioida pienemmät hartsisatsit ämpäriin kovettuvien hartsien minimoimiseksi. Myös eksotermisen kuumeneminen pitää ottaa huomioon kerrostuman paksuuden huomioiden. Lujitemuoviputket valmistetaan konekelauslaitteella

punomalla kudosta muotin päälle. Teollisuudessa käytetään muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta vinyyliesterihartsia (VE) ja lämmönkestävää vinyyliesterihartsia (VEN). Kotikäytössä niin sanottu veneharts on polyesterihartsia. Putkiston laminoinnissa käytetään kolmea komponenttia, jotka ovat lasikudos, hartsi ja kovetin. Kovetin annostellaan olosuhteiden mukaan 3-6 % hartsin massasta. Hartsin pitää olla esikiihdytettyä koboltilla ja DMA:lla kovettuakseen. Laminointi tapahtuu pääasiassa maalaustelalla ja sudilla kastellen lasikudosta saumankiertämisen aikana ja lopuksi ilmat poistetaan kudoksen seasta kovatelalla. Lasikudoksia on useanlaisia ja yleensä lasikuituputkisaumaan laitetaan useampaa erilaista lasityyppiä. Yhdistelmäputken tavallisin kerrostyyppi on sellainen, että alimpaan kerrokseen laitetaan katkokuitumattoa ja seuraavaksi roving -kudosta, joka on pitkittäis- ja poikittaislujitettua lasikudosta ja lopuksi päällimmäiseen kerrokseen asennetaan katkokuitumattoa. Yleensä saumat hartsikastellaan parafiinipitoisella (7 %) hartsilla, jotta sauma hylkisi likaa ja pidentäisi sen elinikää. Erityisen tärkeää parafiinikäsittely on ulkotiloihin asennettavilla putkistoilla, koska aurinko haihduttaa kovettunutta hartsia ajan mittaan paljastaen lasikudoksen säikeet. Yhdistelmäputkistoissa lasikuitupäällysteen limittäin laminoidulla kohdalla putken oma kuitupäällyste pitää olla karhennettu hyvän tarttumisen takaamiseksi. Jokaisella toimivalla ja laminointiluvat omaavalla yrityksellä on laminointiohjeet, missä lukee kerrosten lukumäärä putkikoon ja paineluokan suhteen. Samat laminointiohjeet ovat myös puhtaalle lujitemuoviputkistolle. Puhtaiden lasikuituputkisaumojen tekemisessä on useampia eri tekniikoita. Vanhempi standardi määräsi laminoimaan seevatut päät (4/5 seinämävahvuudesta) pumpattavaa kumista juuritukea vasten pohjasauman. Pohjasauma muodostui c-lasikaitaleesta, joka kiristettiin lasilangalla ja annettiin välikovettua. Sen jälkeen seurasi mahdollinen uran täyttö ja välikovetus. Lopullinen kerrostuma laminoitiin karhennetuille pinnoille kuten yhdistelmäputkistoissakin. Nykyään seevatuiden päiden väliin levitetään usein lastalla lasikuitukittiä ja annetaan sauman kovettua yhteen. Karhennuksen jälkeen laminoidaan, kuten muissakin tekniikoissa. Kittipohjasaumalla laminoitu liitos on huomattavasti nopeampi tekniikka. On olemassa myös kolmas ja nopein tekniikka, eli lasikuitumuhvisauma (engl. bell & spigot), jossa putken pää sorvataan tarkoitukseen kehitetyllä sorvilla noin 100 millimetrin matkalta ulkohalkaisijasta teräväksi ja liimataan samaan kulmaan sisäseinämästä sorvattuun vastakappaleeseen lasikuitumuhviliimalla, joka on samaa, kuin lasikuitukitti, mutta hartsipitoisempaa eli juoksevampaa. Lasikuitumuhvisaumat ovat yleisempiä paineettomissa putkistoissa, joissa

kuitenkin vaaditaan kemiallista kestoja, esimerkiksi kemikaalilaitoksen lattiaviemärit ja hönkäputkistot. Kaikki putkistot pitää koeponnistaa vedellä lopuksi paineluokan ja toleranssien vaatimusten mukaisella paineella ja ajalla.

4.2.2 Säiliöpinnoitukset

Säiliöiden sisäpuolisissa pinnoituksissa rautavaippaan hitsataan tartuntaliuskoja, joihin laminoidaan pienet laput ja rautaliuskat isketään säiliön vaipan myötäisiksi autamaan laminoinnin kunnollisen kiinnittymisen teräsvaippaan. Säiliön pinnoituksissa ei käytetä rowing -kudosta, vaan katkokuitumattokerroksia vaaditun pinnoitusvahvuuden mukaan. Pinnoituksissa, toisin kuin putkiston laminoinneissa, käytetään päälimmäisenä kerroksena niin sanottua c-lasia, minkä tarkoitus on imeyttää hartsipitoinen kerros pintaan kemiallisen keston varmistamiseksi. Myös pinnoituksen viimeinen vaihe on parafiinihartsikastelu. Säiliön mahdolliset laippapinnat painetaan ulkopuolelta laippapintaa vasten vahatulla levyllä ja puristimilla, jotka kovettumisen jälkeen poistetaan. Ylimääräinen lasikuitu hiotaan pois ja umpinaiset reiän paikat porataan auki ja hiotaan myös. Pinnoituksissa saatetaan tehdä useampia välikovetuksia, koska kerralla liian paksu laminointikerros aiheuttaa eksotermistä lämpöä, joka voi polttaa laminoinnin. Säiliön pinnoituksessa erityisen tärkeää on, että laminoituun kudorakenteeseen ei jää kuplia tai kuivia lasihaivenpaikkoja, joten huolellinen kovate-laaminen ja tarpeeksi hartsikasteltu matto ovat tärkeitä. Myös vesi, happo, rasvat ja muut kemikaalit pilaavat laminoinnin välittömästi. Mahdolliset virhepaikat pitää hioa auki ja laminoida uudelleen. Huolellinen karhennus on tärkeää, koska parafiinihartsilla kasteltuun pintaan ei laminointi tartu. Lopullinen tarkastus silmämääräisen tarkastuksen jälkeen suoritetaan kovuusmittarilla ja korkeajännitetutkalla. korkeajännitetutka (30000 – 50000 voltia) paljastaa mahdolliset huokokset pohjimmaista rautavaippaa maadoituksena käyttäen. Viimeinen koeponnistus suoritetaan vedellä tiiveyskokeena.



Kuva 6 Lujitemuovilla pinnoitettu teräsputki lääketehtaan hönkälinjaan.

4.2.3 Ympäristön suojaus ja välineiden huolto

Lasikuidun laminointi on suhteellisen tempukasta hommaa, sen erityisluonteisten piirteiden vuoksi, joita ovat: Lasikuituhartsit ovat todella herkästi syttyviä ja lähes mahdoton sammuttaa, joten on erityisen tärkeää eristää metallimiesten työstö- ja hitsauskipinät pois työmaalta. Lasikuitu on myös myrkyllistä kaikissa muodoissaan, vaikkakin nykyiset hartsit eivät enää haise niin paljon kuin ennen vanhaan. Pitää myös huomioda, että hartsista haihtuva styreeni on ilmaa raskaampaa, joten se saattaa aiheuttaa laitosten lattiaviemäreissä räjähdysvaaran. Räjähdys- ja palovaaraa voidaan vähentää hyvällä ilmanvaihdolla. Tärkeää on myös ympäristön suojaaminen roiskeiden ja valumien varalta, koska niitä tulee varmasti. Kun lasikuitua hiotaan, ympäristöön leviää haitallista, kutisevaa ja keuhkoja rasittavaa pölyä. Laminoitsijan on ehdottomasti huolehdittava kaikista henkilökohtaisista suojavälineistä. Jos hartsia kuitenkin pääsee iholle tai ei-haluttuun paikkaan, liukenee se täysin asetonilla pyyhkimällä. Laminointityömaalle kuuluu myös olennaisena osana asetonikämpäri, missä pestään laminointivälineet seuraavaa käyttöä varten. Laminointivälineet ovat lähes

ikuisia, jos niitä pesee huolellisesti laminointien välillä. Laminoitsijan vastuulla on huolehtia, että kaikki laminointivälineet ovat hyvin suojattuina paloturvallisessa ja ilmanvaihdollisessa paikassa. Myös palamaton lasikuitumatto vaatii erityistarkkuutta, koska kostuneena ja kastuneena se on pilaantunut.

5. KIERRÄTYS JA UUSIOKÄYTTÖ

Kehittyneissä maissa muoveja on viime aikoina opittu kierrättämään tehokkaasti. Muoveille on perustettu samanlaisia keräyspisteitä, joita on ollut jo kymmeniä vuosia jättepapereille ja kartongeille. Pääasiassa keräyspisteisiin jätetyt kotitalousmuovijätteen uusiokäytetään niihin erikoistuneissa laitoksissa, jotka rouhivat kierrätysmuovin granuleiksi, jotka voidaan lämpökäsittelyllä muovata haluttuun muotoon. Yleisimpiä kierrätysmuovituotteita ovat pussit, levyt, putket ja monenmuotoiset muut muovit. Kierrätysmuovin heikkoutena on, että se ei sellaisenaan kelpaa elintarvike- tai kemianteollisuuteen, koska niissä käytettävät muovit vaativat ainestodistuksen, joka takaa muovin olevan juuri sitä, mikä on hyväksytty kyseiseen kohteeseen. Tästä johdettua uusi kierrättämätön muovi on halvempaa ja helpompaa toimittaa niin sanotusti puhtaana muovina. Kierrätetty uusiomuovi kelpaa mainiosti viemäriputkiksi, kulu- tuspaloiksi, suojiksi ja muihin vaatimattomimpiin kohteisiin. Viime aikoina jäteasemilla on myös alettu erotella muovit, metallit ja lasit erilleen ennen kuin massa ajetaan polttolaitosten polttouuniin. Ennen tehokkaampaa muovien lajittelua muovit päätyivät kaatopaikoille. Viime aikoina on huomattu se valtava energiapotentiaali, mikä on vuosikymmenien aikana ajettu kaatopaikoille. Nykyään kaatopaikkoja jopa avataan ja jätettä toimitetaan polttolaitoksille tuottamaan lämpöä ja sähköä. Muovien kierrätys Suomessa on hyvin tehokasta. Varsinkin Kaukoidässä muovin kierrätys on lapsenkengissä. Jatkuvasti saadaan lukea uutisista, että tulvavedet ovat kuljettaneet meriin valtavia määriä muoveja, jotka monen eri tekijän yhteisvaikutuksesta hioutuvat niin sanotuiksi nanopartikkeleiksi ajautuen merenelävien sisäelimiin. Myös eteläisellä Tyynellämerellä on uutisoitu olevan muovista koostuva tuhansia kilometrejä halkaisijaltaan oleva jätepyörre. Teollisuusmuovit aiheuttavat polttolaitoksissa päänsä vaivaa, koska niissä on yleensä kemikaalijäämiä. Muovi on rakenteeltaan läpisuotautuvaa, jonka huomaa helpoiten beigen värisessä polypropeeniputkessa. Putken käyttöä voi päätellä sen seinämän läpisuotautumisväristä. Se muistuttaa kuin puun ytimestä leviävä laho leviäisi ulospäin lopulta tummentaen ulkopinnan. Tästä syystä kemikaalimuoviputkistot kuljetetaan Ekokemille poltettavaksi, koska putkiston mukana kulkeutuu paljon myrkyllistä ja haitallista ainetta. Myös arkipäiväinen PVC on ongelmallinen, koska sen palamisessa muodostuu kloorikaasuja, jotka ovat myrkyllisiä ja tuhoavat kaasunpesurilaitteistot. Lujitemuoviputkia ei voida uudelleen hyödyntää mitenkään. (Järvinen 2016).

LÄHTEET

Hirsjärvi S, Remes P, Sajavaara P.: Tutki ja kirjoita, Tammi 2006

Järvinen, P. 2008. Uusi muovitieto. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Järvinen, P. 2017. Muovit ja muovituotteiden valmistus. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Järvinen, P. 2016. Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Pohjanpalo, J. 1960. Muovi tietoa jokaiselle. Helsinki: Tammi

Järvinen, P. 2001. Muovit ja kumit. Tampere: Metalliteollisuuden Kustannus Oy

Järvinen, P. 2000. Muovin Suomalainen Käsikirja. Porvoo: WS Bookwell Oy

a Filtration Group company www-sivut. Viitattu 27.1.2019. [https://
http://www.porex.com/](https://http://www.porex.com/)

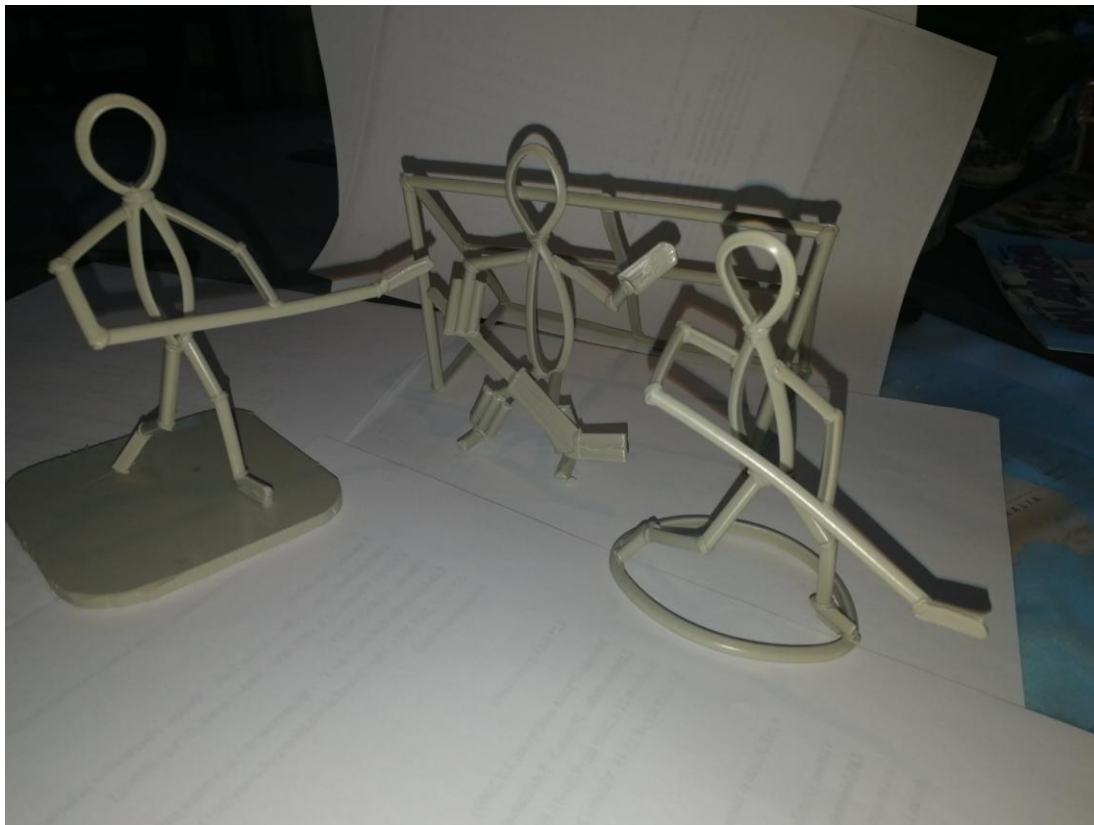
Vink Finland Oy. 2017. Teollisuus. Denmark: +GF+

Aikolon.fi www-sivut. Viitattu 21.1.2019. <https://aikolon.fi>

LIITE 1

Yleisimpien teollisuuskemikaalien kesto valituissa teollisuusmuoveissa. (Aikolon.fi
www-sivut 2019.)

Vaikuttava aine			Materiaali		
	PE	PP	PVC	PVDF	PTFE
Asetoni	+	+	-	+	+
Etanoli	+	+	+	+	+
Fosforihappo	+	+	+	+	+
Suolahappo	+	+	+	+	+
Tionyylikloridi	-	-	-	+	-
Typpihappo	+	+	+	+	+
Rikkihappo (10%)	+	+	+	+	-
Rikkihappo (98%)	-	-	+	+	+
Natriumkloridi	+	+	+	+	+
Merivesi	+	+	+	+	+
Kloorivesi	+-	+-	+-	+	-
+	=kestää		-	=ei kestä	
+-	= rajoite- tusti				



Kuva 7 Kolmihitsauslangasta tehtyjä pelimiehiä.